

الزراعة النظيفة

أستاذ دكتور
محمد نجيب إبراهيم أبو سعدة



الزراعة النظيفة

الأستاذ الدكتور
محمد نجيب إبراهيم أبو سعدة

أستاذ التقنية الحيوية الميكروبية
بجامعتي عين شمس والطائف

الطبعة الأولى
١٤٢٩هـ / ٢٠٠٨م

ملتزم الطبع والنشر
دار الفكر العربي

٩٤ شارع عباس العقاد - مدينة نصر - القاهرة
ت: ٢٢٧٥٢٩٨٤ - فاكس: ٢٢٧٥٢٧٣٥
٦ شارع جواد حسن - ت: ٢٣٩٣٠١٦٧

www.darelfikrelarabi.com
INFO@darelfikrelarabi.com

٦٣١	محمد نجيب إبراهيم أبو سعدة.
٢ ح ز ر	الزراعة التطبيقية / محمد نجيب إبراهيم أبو سعدة. - القاهرة: دار الفكر العربي، ١٤٢٩هـ = ٢٠٠٨م. ٢٣٢ ص؛ إيض ٢٤ سم. ببليوجرافية: ص ٢٢١ - ٢٢٦. يشتمل على معجم بالمصطلحات الإنجليزية - عربي. تدمك: ٤ - ٢٣٦٣ - ١٠ - ٩٧٧. ١ - الزراعة العضوية. ٢ - الآفات الزراعية. ٣ - التسميد الحيوي. ٤ - التسميد العضوي. ٥ - تدوير المخلفات الزراعية. ٦ - الزراعة بدون تربة ٧ - الموارد المائية - تنظيم وإدارة. ٨ - العنوان.

جمع إلكتروني وطباعة



تصميم وإخراج فني
نبينا وكمال عبد المعطي

رقم الإيداع ٤٦٩٠ / ٢٠٠٨



مقدمة

كانت النظرة للتربة قديماً وحتى بدايات القرن العشرين أنها مصدر للعناصر الغذائية للنبات ومستودع لتحليل المخلفات الزراعية (نباتية أو حيوانية).

وقد بدأت هذه النظرة للتربة تزداد اتساعاً في نهايات القرن الماضي، بالأخذ في الاعتبار التغيرات المناخية ومنظومة الموارد المائية والصفات الفيزيكية والكيميائية والبيولوجية للتربة. ووضعت السياسات المختلفة للحفاظ على الرقعة الزراعية مساحة وخصوبة، وخاصة محتواها من المادة العضوية التي تمثل أحد المكونات الرئيسة للتربة وأساس خصوبتها.

ولقد تزايد تداول مصطلح "الزراعة العضوية" في الآونة الأخيرة بالرغم من أنه ليس من المستجدات، فالزراعة في نشأتها كانت عضوية تعتمد على السماد (السباخ) البلدى في المحافظة على خصوبة التربة وتعويض ما استنفد في نمو النباتات من عناصر غذائية، وكانت تعتمد في مقاومة الحشائش والآفات على قلب التربة بالحرث أو بالخلع والنقاوة اليدوية، حتى جاءت مرحلة ما يعرف بالثورة الخضراء أو الزراعة الكيماوية منذ خمسة عقود تقريباً، حيث تم الاعتماد على استخدام الأسمدة المعدنية والمبيدات المختلفة ومنظمات النمو... إلخ. وبالفعل حققت هذه الوسائل زيادة في الإنتاج الزراعي، ولكنها كانت مصدراً لتلوث البيئة سبباً لكثير من الأمراض والأوبئة للإنسان والحيوان والنبات، وبلغت خسائرها المادية والبيئية والصحية أضعاف ما حققته من زيادة إنتاجية.

وفي اعتقادنا أن مصطلح "الزراعة النظيفة" أشمل وأعم من مصطلح الزراعة العضوية، حيث يشمل بجانب الأسمدة العضوية والميكروبية والمكافحة الحيوية، أيضاً النباتات المعدلة أو المحورة وراثياً لمقاومة الأمراض والآفات والظروف البيئية القاسية كالجفاف والملوحة إعلاء لشأن التكنولوجيا الحيوية، ويشمل أيضاً عمليات ترشيد الموارد الطبيعية من المنبع مثل الطاقة والمياه والمواد الخام، وتحاشي

إنتاج الملوثات مع الاستفادة الكاملة من المخلفات الزراعية بتدويرها وتحويلها إلى أعلاف غير تقليدية وطاقة صديقة للبيئة.

إذن الزراعة النظيفة تقوم على عدة أركان رئيسة تتعدى التسميد العضوي أو المقاومة الحيوية.

كما تجدر الإشارة في هذا المقام إلى أن العديد ممن تناولوا موضوع "الزراعة العضوية" قد ركزوا على كمّ الأمطار المكعبة المضافة للفدان سواء كان متزرعاً بالمحاصيل التقليدية أو البستانية - والحقيقة أن صلب الموضوع هو كيفية Know how وآلية Mechanism تصنيع هذه الأسمدة، سواء من المخلفات النباتية أو الحيوانية أو القمامة أو الحمأ أو إنتاجها بواسطة العديد من ميكروبات التربة النافعة والوصول بها للاستخدام على نطاق تجارى واسع في حالة آمنة تماماً، وهذا هو الفكر المتبع حديثاً في التنمية في المجال الزراعى (الزراعة المستدامة) حيث التقليل من المستهلك فى المواد الخام الداخلى فى العملية الزراعية بما فيها خصوبة التربة ذاتها والمصادر المائية والثروة الحيوانية، مع إعادة توظيف المواد المتخلفة لتحقيق أكبر استفادة من المنظومة، وهذه إستراتيجية النوع Quality التى يتجه إليها العالم الحديث وليس الكم Quantity.

وقد أفردت فى بداية الكتاب باباً خاصاً لمقارنة مساوئ الزراعة الكيماوية وما جلبته علينا بمزايا الزراعة النظيفة.

ثم تناولت فى الباب الثانى دور التقنية الحيوية فى مجال النبات (الزراعة المعدلة) بدءاً بالتقانات الحيوية فى مجال مقاومة الإصابة الحشرية - تعقيم الذكور والمبيدات الميكروبية والنباتات المعدلة لمقاومة الحشرات ثم فى مجال مقاومة الحشائش ومجال مقاومة الأمراض النباتية ومجال النباتات المحورة المتحملة الظروف البيئية القاسية، وختاماً بالنباتات الصيدلانية والنباتات الإستراتيجية.

وتطرقنا فى الباب الثالث إلى المكافحة الحيوية كبديل أمثل للمبيدات المسرطنة؛ بدءاً بمسببات الأمراض فى الحشرات سواء كانت بكتيريا أو فطريات أو فيروسات أو بروتوزوا، والصفات المطلوب توفرها فى مسببات الأمراض

والصعوبات التي تواجه استخدام المبيدات الميكروبية، ثم عرجنا على المفترسات والطفيليات الحشرية والجاذبات الجنسية (الفرمونات) وأنواع المصائد المختلفة، وانتهينا بالطيور والمفترسات الصديقة للبيئة.

وكان الباب الرابع خاصا بالتسميد الحيوي متضمنا اللقاحات المثبتة للتروجين الجوي واللقاحات المذيبة للفوسفور واللقاحات المذيبة للعناصر الغذائية، وتم استعراض ميكانيكية (آلية) تثبيت التروجين والكائنات المثبتة سواء عضوية التغذية الحرة أو الممثلة للضوء (السيانوبكتيريا) أو التكافلية (العقدية) مع شرح كيفية غزو الميكروب للعائل المتخصص، وأطوار العقدة وطرق إضافة اللقاحات وكيفية إنتاج الكتلة الحيوية الميكروبية (اللقاح الحيوي) على نطاق تجارى متضمنا عناصر المفاعل الحيوي ووسائل الكشف عن كفاءة السلالة المستخدمة فى العملية الإنتاجية من خلال تتبع منحني النمو وحساب عمر الجيل ومعدل النمو وإنتاجية الخلايا.

واستعرضنا فى الباب الخامس التسميد العضوى كأحد أجزاء - وليس كل - منظومة الزراعة النظيفة من ناحية أهمية المادة العضوية لخصوبة التربة وأنواع الأسمدة العضوية المختلفة - تركيبا وتحضيرا وتخزينا واحتياطات الاستخدام- بدءا من السباخ البلدى ثم سماد الكمورة (كمبوست المزرعة) - السماد الأخضر - سماد زرق الدواجن والطيور - سماد كمبوست القمامة، وأخيرا سماد حمأة المجارى.

ولإكمال المنظومة كان لابد من الغوص فى مجال تدوير (إعادة استخدام) المخلفات الزراعية كأحد الأهداف الرئيسة للزراعة النظيفة لما يمثل ذلك من عائد اقتصادي كبير، ومن حل لمشكلة تلوث البيئة، ورفعنا للمستوى الصحي والاجتماعي بالريف، وقد خصصنا لذلك الباب السادس حيث تم استعراض تسعة مجالات لتدوير قش الأرز وخمسة مجالات لتدوير حطب القطن والذرة، وعشرة مجالات لتدوير مخلفات زراعة وصناعة قصب السكر - عروش الخضر والبنجر - مخلفات تقليم أشجار الفاكهة والموز والزيتون والنخيل - وورد النيل والحشائش

المختلفة - ومخلفات مزارع الدواجن والخيول - مخلفات صناعة الألبان - الزيوت والصابون - النشا والجلوكوز - الأغذية المعلبة.

ومما لا يجب إغفاله استعراض طرق الزراعة غير النمطية (أو ما يعرف بدون تربة)؛ ولذا جاء الباب السابع متناولا المزارع المائية والهوائية، ومزارع الحصى وبالات القش ومخاليط البيت ومزارع الأغوار ومزارع الحلقات والأعمدة والأجولة حيث إنها أصبحت واقعا ملموسا.

وجاء الباب الثامن والأخير مستهدفا منظومة الإدارة المثلى للمياه والطاقة والترتبة من ناحية ترشيد وتطوير الموارد المائية واستعراض نظم الري والصرف الحديثة بعيدا عن العمر والطرق التقليدية ومشكلاتها. ثم ختم الكتاب باستعراض المراجع المستخدمة.

وأخيرا أود أن أتقدم بخالص الشكر والتقدير لكل من قدم لي العون والمساعدة فى توفير المادة العلمية وتجميع وإخراج الكتاب بالصورة الملائمة، وأتمنى من الله أن تنال هذه الثمرة العلمية حسن القبول وأن تكون علما نافعا وشفيعا يوم الدين.

والله ولى التوفيق،،،،،،،،
المؤلف

قائمة محتويات الكتاب

الموضوع	الصفحة
مقدمة	٣
- قائمة محتويات الكتاب	٧
- قائمة الأشكال والصور	١٢
- قائمة الجداول	١٤
1- الباب الأول: الزراعة الكيماوية والزراعة النظيفة	١٧
1-1 مساوى الزراعة الكيماوية	١٧
2-1 مزايا الزراعة النظيفة	٢١
2- الباب الثاني: الزراعة المعدلة (التقنية الحيوية فى مجال النبات)	٢٥
1-2 كيفية إنتاج النباتات أو المحاصيل المعدلة وراثيا	٢٥
2-2 تطبيقات التقنية الحيوية فى المجال الزراعى	٣٣
1-2-2 مقاومة الإصابة الحشرية	٣٣
- تعقيم الذكور	٣٣
- المبيدات الميكروبية	٣٤
- النباتات المعدلة وراثيا لمقاومة الحشرات	٣٥
2-2-2 المحاصيل المقاومة للحشائش	٤٠
- أضرار الإصابة بالحشائش	٤٠
- الطرق المتبعة لمقاومة الحشائش	٤١
3-2-2 مقاومة الأمراض النباتية	٤٥
4-2-2 المحاصيل المعدلة وراثيا لتحمل الظروف البيئية القاسية	٥٠
3-2 النباتات الصيدلانية	٥١
4-2 النباتات الإستراتيجية	٥٥

الموضوع	الصفحة
3- الباب الثالث: المكافحة الحيوية	٥٩
1-3 المبيدات الميكروبية	٥٩
1-1-3 مسببات الأمراض في الحشرات	٦٠
- البكتيريا	٦٠
- الفطريات	٦٣
- الفيروسات	٦٥
- البروتوزوا	٦٧
2-1-3 الصفات المطلوب توافرها في مسببات الأمراض	٦٨
3-1-3 إمكانية نجاح المكافحة الميكروبية	٧٠
2-3 المفترسات والطفيليات الحشرية	٧١
3-3 الجاذبات الجنسية (الفرمونات)	٧٣
4-3 الطيور والمفترسات الصديقة	٧٦
4- الباب الرابع: التسميد الحيوى	٧٩
1-4 تثبيت النتروجين الجوى بيولوجيا فى التربة	٨٠
1-1-4 البكتيريا عضوية التغذية الحرة	٨١
2-1-4 الكائنات المثلة للضوء الحرة	٨٥
3-1-4 البكتيريا العقدية التكافلية والنباتات البقولية	٨٩
1-3-1-4 كيفية غزو الميكروب للعائل المتخصص	٩١
2-3-1-4 أطوار البكتيريا العقدية فى النبات	٩٢
3-3-1-4 العوامل المؤثرة على كفاءة التثبيت التكافلى	٩٤
4-3-1-4 كيفية التلقيح بالبكتيريا العقدية	٩٧
4-1-4 تثبيت النتروجين تكافليا فى النباتات غير البقولية	٩٨
5-1-4 ميكانيكية (آلية) تثبيت النتروجين حيويا	١٠٣
6-1-4 جينات تثبيت النتروجين فى الكائنات أولية النواة (Nif genes)	١٠٧
2-4 اللقاحات المذبية للفوسفات	١٠٩

الموضوع	الصفحة
3-4 اللقاحات المذنية للعناصر المعدنية	١١١
4-4 إنتاج اللقاحات الميكروبية على نطاق تجارى	١١٢
1-4-4 عناصر العملية الحيوية (المفاعل الحيوى)	١١٢
2-4-4 كيفية الكشف عن كفاءة السلالة الميكروبية المستخدمة	١١٤
5- الباب الخامس: التسميد العضوى	١٢١
1-5 سماد المزرعة (السياخ البلدى)	١٢٣
2-5 سماد كمبوست المزرعة (سماد الكمورة)	١٢٥
3-5 الأسمدة الخضراء	١٢٧
4-5 سماد وعلف ررق الطيور	١٢٨
5-5 سماد كمبوست القمامة	١٣٢
6-5 سماد حماة المجارى	١٣٧
6- الباب السادس: تدوير المخلفات الزراعية	١٤٣
1-6 مميزات تدوير المخلفات الزراعية	١٤٣
2-6 مساوئ عدم الاستفادة من المخلفات الزراعية	١٤٤
3-6 مجالات تدوير المخلفات الزراعية	١٤٥
1-3-6 تدوير قش الأرز	١٤٥
1-1-3-6 كمر القش وتحويله إلى سماد عضوى	١٤٦
2-1-3-6 مكون رئيس فى السياخ البلدى	١٤٨
3-1-3-6 علف غير تقليدى للحيوان وفى الزراعة بدون تربة	١٤٩
4-1-3-6 إنتاج البيوجاز (الغاز الحيوى)	١٤٩
5-1-3-6 تنمية عيش الغراب (المشروم)	١٥٢
6-1-3-6 صناعة طوب البناء والأخشاب المضغوطة	١٥٥
7-1-3-6 صناعة لب الورق	١٥٦
8-1-3-6 تصنيع مخلفات مضارب الأرز	١٥٧
9-1-3-6 قش الأرز كمصدر للطاقة	١٥٨

الموضوع	الصفحة
2-3-6 تدوير حطب القطن	١٥٩
1-2-3-6 قولة حطب القطن	١٦٠
2-2-3-6 إنتاج السماد العضوى الصناعى (الكمبوست) من حطب القطن	١٦١
3-2-3-6 تعطين السيقان للحصول على الالياف	١٦٣
4-2-3-6 إنتاج الكسب من بذرة القطن	١٦٥
3-3-6 تدوير (سيلجة) حطب الذرة	١٦٥
4-3-6 تدوير مخلفات القصب	١٦٨
1-4-3-6 إنتاج البروتين الميكروبي	١٦٨
2-4-3-6 الدريس والوقود	١٦٨
3-4-3-6 إنتاج الخشب الحبيبي	١٦٩
4-4-3-6 صناعة لب الورق	١٦٩
5-4-3-6 صناعة الكحول الايثلى من المولاس	١٦٩
6-4-3-6 إنتاج ك ٢ السائل من المولاس	١٧٠
7-4-3-6 إنتاج الخل وحمض الخليك الثلجي والاسيتون من المولاس	١٧٠
8-4-3-6 إنتاج خميرة الخباز بتخمير المولاس	١٧١
9-4-3-6 إنتاج المضادات الحيوية والفيتامينات	١٧٢
10-4-3-6 إنتاج حمض الستريك من المولاس	١٧٣
5-3-6 تدوير مخلفات بنجر السكر	١٧٥
6-3-6 تدوير مخلفات الزيتون والتمور	١٧٦
7-3-6 تدوير مخلفات نباتات الالياف	١٧٦
8-3-6 تدوير مخلفات صناعة الالبان	١٧٧
9-3-6 تدوير ورد النيل والحشائش المختلفة	١٨٠
10-3-6 تدوير مخلفات صناعة الزيوت والصابون	١٨٣
11-3-6 تدوير مخلفات صناعة النشا والجلوكوز	١٨٤
12-3-6 تدوير مخلفات الاغذية المعلبة والمجففة	١٨٥

الموضوع	الصفحة
7- الباب السابع: الزراعة بدون تربة	١٨٩
1-7 المزارع المائية	١٨٩
2-7 المزارع الرملية	٢٠٠
3-7 مزارع الحصى	٢٠٢
4-7 مزارع باللات القش	٢٠٣
5-7 مزارع الصوف الحجري	٢٠٣
6-7 مزارع مخاليط البيت	٢٠٥
7-7 مزارع الأغوار	٢٠٥
8-7 مزارع الحلقات	٢٠٥
9-7 مزارع الأعمدة	٢٠٦
10-7 مزارع الأجولة	٢٠٧
11-7 المزارع الهوائية	٢٠٨
8- الباب الثامن : الإدارة المثلى للمياه والطاقة والتربة	٢٠٩
1-8 مشكلات المياه - نظره عامة	٢٠٩
2-8 ترشيد الموارد المائية	٢١٣
1-2-8 تطوير الموارد	٢١٣
2-1-8 إدارة الموارد	٢١٦
3-8 الري	٢١٧
4-8 الصرف	٢١٩
9- المراجع العربية والاجنبية	٢٢١

قائمة الأشكال والصور

الاشكل	رقم	الصفحة
شكل (1): ملخص خطوات استعمال الهندسة الوراثية فى تحويل النباتات وراثيا	٢٦	
شكل (2): مقارنة بين التحول الوراثى بطريقتى القذف المدفعى الدقيق والأجروباكتيريم	٣٠	
شكل (3): المكافحة البيولوجية والضغط البيولوجى لدودة اللوز	٧١	
شكل (4): نمو ميكروب أزوتوباكتر على الأجار والشكل الظاهرى للميكروب	٨٤	
شكل (5): خلايا الأزوتوباكتر فى أزواج محاطة بكبسولة	٨٤	
شكل (6): الشكل الظاهرى لبعض البكتيريا المثلثة للضوء غير الأكسيجينية المثبتة للنتروجين	٨٦	
شكل (7): أمثلة لبعض الطحالب الخضراء المزرقه (السيانوبكتيريا)	٨٨	
شكل (8): خلايا الهيميروست التى يثبت بداخلها النتروجين فى الطحالب الخضراء المزرقه	٨٩	
شكل (9): مراحل تكوين العقد الجذرية فى البقوليات	٩٣	
شكل (10): الشكل الظاهرى لخيوط (هيفات) الفريانكيا	٩٩	
شكل (11): نبات الأزولا المتكافل معه طحلب الأنابينا	١٠٢	
شكل (12): نبات الأزولا	١٠٤	
شكل (13): المركبات الوسيطة لتفاعل تثبيت النتروجين	١٠٨	
شكل (14): رسم تخطيطى يبين العناصر الأساسية للعملية الحيوية الميكروبية	١١٣	
شكل (15): منحنى النمو البكتيرى بمراحله الأربعة	١١٥	
شكل (16): عملية الكمر الطبيعى فى مصفوفات	١٣٥	

الرقم	الشكل
الصفحة	
١٣٦	شكل (17): رسم تخطيطي للعمليات المختلفة في أحد مصانع تدوير القمامة
١٤٧	شكل (18): عملية كمر المخلفات بطريقة الهواء الطبيعي
١٤٨	شكل (19): عملية كمر المخلفات بطريقة الهواء القصرى
١٥١	شكل (20): وحدة البيوجاز بالنظام الصينى
١٥٢	شكل (21): وحدة البيوجاز بالنظام الهندى
١٧٠	شكل (22): رسم تخطيطى لبراميل إنتاج الخل
١٧٢	شكل (23): رسم تخطيطى لمخمر ضخّم لإنتاج الكتلة الحيوية من الخميرة ومستخلصاتها
١٧٤	شكل (24): رسم تخطيطى لإنتاج حمض الستريك بالطريقة السطحية
١٩٢	شكل (25): مقطع عرضى تخطيطى فى مزرعة مائية (محلول مغذى)
٢٠١	شكل (26): رسم تخطيطى لمزرعة رملية مقامة على أرضية الصوب بعد فرشها
٢٠١	شكل (27): رسم تخطيطى لمزرعة رملية فى أحواض خاصة على شكل حرف V
٢٠٤	شكل (28): رسم تخطيطى لمزرعة الصوف الحجرى
٢٠٦	شكل (29): مقطع عرضى تخطيطى لمزرعة حلقات
٢٠٧	شكل (30): رسم تخطيطى لمزرعة أعمدة Columns
٢٠٨	شكل (31): تصميم المزارع الهوائية على شكل حرف 8 وتروى بالمحلول المغذى فى شكل ضبابى

قائمة الجداول

الجدول	رقم	الصفحة
جدول (1): كمية غازات الصوبة التي يمكن أن تتولد من طن واحد من المبيدات في البيئة.	١٨	
جدول (2): نسبة الاكتفاء الذاتي وتكاليف الفجوة الغذائية في الوطن العربي 1992 ، 1993	٢٠	
جدول (3): أمثلة لحالات انتخاب في مزارع الأنسجة لبعض ظروف الشد البيئي	٣١	
جدول (4): أنواع محصولية مقاومة للأمراض حصل عليها بالانتخاب في مزارع الأنسجة	٣٢	
جدول (5): الجينات ذات الأصل النباتي التي استخدمت في مقاومة الحشرات	٣٦	
جدول (6): تحولات وراثية لمقاومة الحشرات اعتمدت على جينات Bt	٣٩	
جدول (7): الأصناف النجمية التي أنتجتها شركات التكنولوجيا الحيوية من بعض المحاصيل الاقتصادية الهامة	٣٩	
جدول (8): الجينات المستولة عن المقاومة لمبيدات الحشائش واستعمالاتها	٤٣	
جدول (9): بعض حالات التحول الوراثي في مختلف المحاصيل الزراعية لأجل إنتاج أصناف جديدة قادرة على تحمل نوعيات من مبيدات الحشائش	٤٤	
جدول (10): النباتات المحولة وراثيا التي أنتجت من مختلف المحاصيل الزراعية لمقاومة الأمراض الفطرية والبكتيرية	٤٦	
جدول (11): حالات الهندسة الوراثية لمقاومة الفيروسات التي استخدمت فيها جينات الغلاف البروتيني الفيروسي	٤٨	

الجدول	رقم	الصفحة
جدول (12): حالات الهندسة الوراثية لمقاومة الفيروسات بالاعتماد على جينات فيروسية أخرى غير جين الغلاف البروتيني	٤٩	
جدول (13): حالات متنوعة من التحول الوراثي لأجل زيادة التحمل لمختلف عوامل الشد البيئي	٥١	
جدول (14): أمثلة لبعض أنواع الأجسام المضادة التي أمكن إنتاجها في النباتات	٥٢	
جدول (15): أمثلة لبعض اللقاحات التي أمكن إنتاجها في النباتات	٥٣	
جدول (16): أمثلة لبعض المنتجات الصيدلانية التي أمكن إنتاجها في النباتات بالتحويل الوراثي	٥٥	
جدول (17): أمثلة على استخدام النباتات كمقاصلات بيولوجية لإنتاج الدهون والكربوهيدرات والبروتينات للأغراض الصناعية	٥٨	
جدول (18): تقسيم جينات البروتينات البلورية للبكتيريا Bt	٦٢	
جدول (19) المجموعات النباتية وأنواع البكتيريا المتخصصة في إصابتها	٩١	
جدول (20): مقارنة عملية التثبيث بين الميكروبات الحرة (لا تكافلي) والميكروبات التكافلية	٩٦	
جدول (21): الفروق بين أنواع جنس الفرانكيا	١٠٠	
جدول (22): مقارنة بين تركيب مخلفات الحيوانات المجترية والدواجن	١٢٣	
جدول (23): مقارنة محتوى المواد المستخدمة كفرشة في حظائر الدواجن	١٢٩	
جدول (24): التركيب النوعي لمخلفات مزارع الدواجن والماشية	١٣٠	
جدول (25): القيمة السمادية للحمأة مقارنة بالسماد البلدي	١٣٧	
جدول (26): نسبة المعادن الثقيلة بالحماة في مصر مقارنة بأمريكا وأوروبا	١٣٩	
جدول (27): مقارنة قوالب حطب القطن ببعض أنواع الوقود	١٦٠	

الجدول	رقم
الصفحة	
جدول (28): خصائص الشرش	١٧٨
جدول (29): المعدل السنوى لمخلفات تصنيع الحضر والفاكهة بمصانع شركة أدفينا للأغذية المعلبة عام 1995م	١٨٧
جدول (30): مصادر وأهمية العناصر الغذائية	١٩٤
جدول (31): طريقة تحضير المحاليل القياسية اللازمة لعمل محلولي هوجلاند (أ)	١٩٩
(ب)	
جدول (32): كيفية تحضير محلولي هوجلاند من المحاليل القياسية	١٩٩
جدول (33): الأملاح المستخدمة فى تحضير محلول هبوت وتركيزاتها	٢٠٠

الباب الأول

الزراعة الكيماوية والزراعة النظيفة

اعتمدت الثورة الخضراء في منتصف القرن الماضي على استخدام الكيماويات كالأسمدة المعدنية والمبيدات الصناعية في تحقيق طفرة في مجال الإنتاج الزراعي ولكن كان لذلك الكثير من المساوئ يمكن تلخيصها كالتالي :

1-1 مساوئ الزراعة الكيماوية

1 - تدهور خصوبة التربة

معلوم أن مكونات التربة خمسة : " المعدني - العضوي - المائي - الهوائي - الحيوي " ولكل مكون وظيفته وأهميته، ولقد أدى استخدام المبيدات إلى هدم المكون الحيوي والدور الكبير الذي تلعبه ميكروبات التربة في تحقيق خصوبتها، كما أدى استخدام الأسمدة المعدنية إلى فقر التربة من المكون العضوي الذي يعتبر مخزن العناصر الغذائية ومهد الكائنات الدقيقة بالتربة، ويهدم هذين المكونين أصبحت التربة كالذابة العرجاء وبدأ استنزاف قواها وتدهور خصوبتها.

2- تلوث المصادر المائية

أيضاً معروف أن أنواع المياه أربعة (الحيوية - السطحية - الجوفية - المخزنة) ولقد أدى الاستخدام المفرط غير المحسوب في الأسمدة والمبيدات إلى تلوث مياه الصرف وما تنتهي إليه من أنهار أو بحار أو مياه جوفية مما شجع حدوث ظاهرة الإغناء البيولوجي Eutrophication حيث تزايد نمو الطحالب والنباتات المائية Photoplankton مستهلكة الأكسجين الحيوي على حساب الأسماك والقشريات المرغوبة مما يسبب موتها أو هجرتها، وبالتالي تصبح هذه المصادر المائية ميتة بيولوجيا Biological death.

3- تلوث الهواء نتيجة تصاعد غازات الاحتباس الحرارى

حيث قام الإنسان خلال الخمسين عاماً الماضية بحرق حوالى 210.4 مليون طن متري من مختلف أنواع المبيدات تنتج ملايين الأطنان من الغازات الضارة (جدول 1)، وكذا أضاف 4.203 مليار طن متري أسمدة نيتروجينية (كل طن ينتج 0.265 طن NO_x) وحوالى 3.051 مليار طن متري من السوبر فوسفات (كل طن ينتج 0.607 طن P_2O_5) وهذه الأكاسيد النيتروجينية والفوسفورية والكبريتية تنطلق إما بيولوجياً بواسطة كائنات التربة (عمليات التأزوت والدنترة وأكسدة الكبريت واختزال الفوسفات)، أو كيميائياً عن طريق عمليات الأكسدة الفوتوكيميائية، وتتراكم هذه الأكاسيد فى طبقة الإستراتوسفير ثانى طبقات الغلاف الجوى مكوناً ما تشبه الغلالة التى تمنع نفاذ أشعة الشمس المنعكسة من سطح الأرض مما يسبب ارتفاع درجة حرارة الكون Global warming وما يتبعه من ذوبان الجليد القطبي وارتفاع منسوب المحيطات والبحار ومخاطر غرق دلتا كثير من الأنهار واختلال خريطة توزيع الأمطار عالمياً. ولقد ثبت أن غاز بروميد الميثيل وهو أحد المبيدات الغازية أقوى 30 ضعفاً من مركبات الكلوروفلور كربون المسؤولة الأولى عن استنزاف طبقة الأوزون.

جدول (1): كمية غازات، الصوبة التى يمكن أن تتولد من طن واحد من المبيدات فى البيئة

كمية الغازات التى يمكن أن تتولد (بالطن)					
المبيد	ثاني أكسيد كربون	ثاني أكسيد كبريت	ثاني أكسيد نيتروجين	ثاني أكسيد فوسفور	كلور
الديكارب	1.6	0.34	0.48	--	--
الدريسن	1.4	--	--	--	0.58
هبتاكلور	2.4	--	0.15	--	0.1
دائيتروامين	1.5	0.16	0.57	--	--
لبيترافوس	1.4	0.47	--	0.17	--
سترولين	1.3	--	0.17	0.26	--

المصدر: بنك المعلومات البيئية.

4 - تأثيرها على الصحة العامة Public health

حيث ثبت أن المبيدات الكيماوية لها خاصية التراكم الذاتى فى السلسلة الغذائية بدءاً من الكائنات الدقيقة ثم أنسجة النبات والحيوان، وأخيراً الإنسان على قمة السلسلة حيث وجدت آثار للمبيدات فى ألبان الأمهات المرضعات، وهذا يفسر تزايد حالات الإصابة بالسرطان والفشل الكلوى والكبدى وحالات تشوه الأجنة والإجهاض والصرع .

5 - ظاهرة التصحر Desertation

ويعنى بها تدهور إنتاجية التربة سواء كانت مراعى طبيعية أو أرضاً مزروعة بالمحاصيل المختلفة، حيث دُمّرت الغابات بسبب الأمطار الحامضية وقُطعت الأشجار للتصنيع وتفككت الطبقة السطحية للتربة وزاد انجرافها، وارتفعت نسبة الملوحة والحموضة ودمرت الثروة الحيوانية بالرعى الجائر والصيد المجنون وقُضى على الحشرات النافعة.

6 - استنزاف الموارد المائية نتيجة تكثيف الزراعة

حيث تزرع الأرض الآن بأكثر من ثلاثة محاصيل سنوياً كما يتم تحميل بعض المحاصيل على محاصيل أخرى مما يتطلب احتياجات مائية عالية أدت إلى خلط مياه الري بمياه الصرف الزراعى أو الصناعى أو الصحى لتوفير المياه اللازمة، مما انعكس على تراكم الأملاح بالتربة وتزايد ظاهرة تطيل التربة.

7 - اختفاء الأصول الوراثية لكثير من النباتات والحيوانات

حتى أن هناك أكثر من 10 آلاف نوع من النبات ومثلها من الحيوانات سواء طيور برية أو حشرات نافعة أو حيوانات مستأنسة قد اندثر أو كاد؛ ولذا سارعت الدول مؤخراً إلى إنشاء بنوك للأصول الوراثية وإنشاء محميات طبيعية برغم تكلفتها المرتفعة .

8 - تزايد اتساع الفجوة الغذائية

وذلك يدل على فشل الزراعة الكيماوية فى توفير الغذاء، وكما يتضح من الجدول التالى (جدول 2) فإن الهوة ما زالت سحيقة والفجوة واضحة فى إنتاجية

الحبوب مثل القمح والذرة والمنتجات الأساسية مثل السكر والزيت والألبان واللحوم في العالم العربي، وبرغم كل الجهود المبذولة والدعم المتزايد فلقد وصلت تكاليف هذه الفجوة 10.2 & 10.9 مليار دولار عامي 1992، 1993 على التوالي.

جدول (2): نسبة الاكتفاء الذاتي وتكاليف الفجوة الغذائية في الوطن العربي 1992، 1993

المادة الغذائية	1992 مليون دولار	1993 مليون دولار	اكتفاء ذاتي %
الحبوب	4672.7	4748.9	59.4
القمح	1943.9	2249.5	60.6
الذرة الشامية	581.8	536.8	57.2
الشعير	299.1	457.8	71.5
الأرز	887.4	719.5	67.4
السكر	991.3	1114.7	41.7
بقوليات	201.1	226.4	70.8
خضار	164.1	361.2	98.8
فاكهة	83.2	89.2	98.8
زيوت نباتية	1353.6	1304.8	33.8
لحوم حمراء	619.9	657.9	83
لحوم ودواجن	583.8	592.6	86.8
ألبان	2161.3	2183.1	77
بيض	81.4	98.2	61.7
أسماك	72.2	56.3	94.8
إجمالي الفجوة	10195.6	10945.9	

ومما سبق ينصح بضرورة الاتجاه إلى الزراعة البيولوجية العضوية المعدلة (النظيفة) مهما كانت التكاليف .

1 - المحافظة على خصوبة التربة وعناصرها الغذائية

ثبت أن ما يفقد من عناصر التربة الغذائية خاصة K, P, N فى حالة المزارع النظيفة نصف المزارع الكيماوية، وهذا ما أكدته البحوث التى أجريت على 14 مزرعة نظيفة، 16 مزرعة صناعية، حيث وجد أن كمية النتروجين المفقودة من الهكتار يعادل 124 كجم/هكتار فى المزارع النظيفة بينما تصل إلى 240 كجم/هكتار فى المزارع الكيماوية.

كما أن كفاءة استخدام النتروجين تزيد 25% فى حالة المزارع النظيفة عن الأخرى، ففى تجربة عن مدى رشح التترات من كلتا الترتين وجد أن المياه الراشحة من الزراعة النظيفة بها 9 - 48 مللجم نترات / لتر مياه بينما وصلت إلى 35-66 مللجم نترات/لتر مياه راشح تربة زراعة كيماوية، ويرجع ذلك إلى زيادة السعة التبادلية الكاتيونية فى أراضي الزراعة النظيفة .

ومما لا يخفى على أحد مميزات زيادة المحتوى العضوى فى التربة التى تؤدي إلى زيادة السعة المائية الحقلية والرطوبة المسيرة والسعة التبادلية الكاتيونية CEC وزيادة التحبب Aggregates وبالتالي المسامية والتهوية وأيضاً زيادة القدرة التنظيمية Buffer capacity للتربة وزيادة أعداد ميكروبات التربة (بكتيريا - أكتينوميسيتات - فطريات - طحالب) كما ونوعاً حيث تعتبر المياه العضوية هى المهد الذى يأوى ميكروبات التربة. وهذا كله ينعكس فى النهاية على زيادة تيسر العناصر الغذائية الكبرى والصغرى اللازمة لنمو النباتات وزيادة الإنتاجية المحصولية.

2 - توفير الطاقة المستهلكة فى إنتاج الأسمدة الكيماوية وإنتاج المبيدات

سواء كانت طاقة كهربية أو طاقة طبيعية كالفحم الحجري أو البترول، وهذا يعنى توفير عوادم الحرق الملوثة للبيئة من ناحية وترشيد مصادر الطاقة وتكلفتها المادية من ناحية أخرى.

وقد وجد أن كمية الطاقة المستخدمة فى الزراعات العضوية تساوى 25% من المستخدمة فى الزراعات الكيماوية فى بريطانيا، كما أن هكتار الذرة يحتاج إلى

مبيدات حشائش تقدر الطاقة اللازمة لإنتاجها 700.000 كيلو كالورى/ هكتار، بينما لا تحتاج الزراعات العضوية أية مبيدات (عبد الجواد 1997).

3- التنوع البيولوجى

معروف أن إضافة المبيدات تؤثر سلباً بوضوح على المكون الحيوى للتربة سواء كائنات دقيقة كالـبكتيريا والفطريات والطحالب أو حشرات نافعة مثل فرس النوى وأسد المن وأبو العيد والنحل أو طيور كـأبى قردان وخلافه، بينما توجد علاقة طردية واضحة بين المحتوى العضوى وزيادة ميكروبات التربة كمّاً ونوعاً، ومن الثوابت أنه كلما زاد التنوع البيولوجى زاد ثبات التربة كنظام بيئى Ecosystem فالأراضي المنزرعة بعدة محاصيل مختلفة وغنية بأنواع مختلفة من الكائنات الحية تكون أكثر ثباتاً ومقاومة للأمراض والآفات الضارة من نظيرتها المنزرعة بمحصول واحد أو يسود بها نوع واحد من الكائنات الحية .

4 - العائد المادى

ثبت أن العائد المادى والعائد البيئى المستقبلى يفوق العائد الاقتصادى قصير الأجل، حيث يبدو ظاهرياً أن إنتاج المزارع النظيفة يقل 1-3% عن المزارع الصناعية خاصة فى الأعوام الأولى ولحين حدوث اتزان بيئى وحيوى فى المزرعة بينما فى الأراضي الزراعية الجديدة لم تلاحظ تلك الظاهرة، ولقد أثبت أن كل دولار يصرف على حماية البيئة من التلوث هو استثمار ذو عائد اقتصادى ما بين 3-4 دولارات حسب المعايير العالمية .

كما أن الإفراط فى استخدام الكيماويات فى الزراعة أدى إلى رفض كثير من الصادرات مما يؤثر على الدخل القومى، بينما الزراعة النظيفة تزيد فرص الشحنات المصدرة على المنافسة فى الأسواق الخارجية .

5 - الأمن الغذائى

حيث يزداد تعداد سكان العالم زيادة مضطردة، ويتوقع أن يصل إلى 10 مليار إنسان عام 2025، مع انخفاض الدخل السنوى للفرد عن واحد دولار/ يوم

لنحو 1.2 مليون إنسان يعانون نصفهم من الجوع والنصف الآخر سوء التغذية ومعظمهم (75%) يعيشون في أفريقيا وآسيا، كما أن هجرة السكان من الريف إلى الحضر يمثل خطراً وندرة في العمالة الزراعية، وكذا نقص المياه تؤدي إلى تدهور وانخفاض إنتاجية الأرض الزراعية، وقطع الغابات يؤثر على التوازنات البيئية ويعمق ظاهرة التصحر، وبالتالي فإن الأمل معقود على الزراعة المعدلة أي النباتات المحورة وراثياً لضمان زيادة الإنتاج وجودته ومقاومة الآفات والحشرات بيولوجياً.

الباب التاسع

الزراعة المعدلة

التقنية الحيوية في مجال النبات

تختلف النباتات التي نستخدمها الآن في حياتنا اليومية كلية عن تلك الأصول التي كانت موجودة في الطبيعة Wild type نتيجة عمليات الانتخاب والتغيير في طبيعة النباتات المنزرعة من أجل زيادة الإنتاجية أو تحسين نوعيتها .

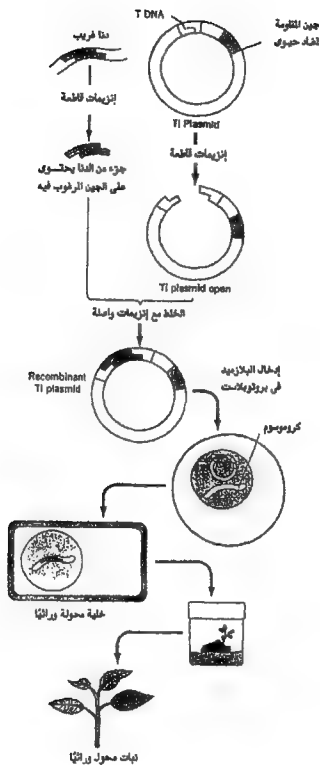
وعلى الرغم من أن الانتخاب قد أحدث تطوراً كبيراً في نوعية النباتات المنزرعة إلا أن التقدم الذي أحدثته النباتات والمحاصيل المحسنة بالطرق الحديثة مثل الهندسة الوراثية والتحور الوراثي يعتبر تقدماً غير مسبوق للبشرية وله آثاره العظيمة على الإنتاج كمّاً ونوعاً، مما دعا البعض لإطلاق مسمى الزراعة المعدلة عليها أى النباتات المحورة أو المعدلة أو المهندسة وراثياً.

1-2 كيفية إنتاج النباتات أو المحاصيل المعدلة وراثياً

عملية التحور الوراثي أو الهندسة الوراثية هي عملية حذف أو إضافة أو استزراع (Cloning) مواد وراثية أو جينات (وهي عبارة عن جزء من الدنا DNA الحامل لصفة أو أكثر) بين الكائنات المختلفة بغرض تغيير صفة معينة أو مجموعة من صفات هذه الكائنات من أجل إنتاج مواد مفيدة أو تحسين نوعية الموجود لرفع كفاءته الإنتاجية .

وعملية التحور الوراثي لها ثلاثة أركان رئيسة (شكل رقم 1)

الركن الأول الخلية المعطية Donor حيث يتم تحديد الجين المسئول عن الصفة المرغوبة مثل مقاومة حشرة أو مرض ما أو ظرف سئ كالجفاف والملوحة مثلاً، ثم قطع هذا الجين باستخدام إنزيمات القطع المختلفة Restriction enzymes .



شكل (1) ملخص خطوات استعمال الهندسة الوراثية في تحويل النباتات وراثيا

الركن الثاني العنصر الناقل Vector حيث يتم إدخال أو إيلاج المادة الوراثية أو الجين المرغوب فى الناقل المناسب ولصقه بإنزيمات اللصق Ligases وبالتالي نحصل على الدنا المعدل أو المطعم Recombinant DNA بغرض إكثاره (مضاعفة عدد نسخ الجين) والعناصر الناقلة إما بلازميدات أو فاجات أو كوزميدات تتميز جميعاً ببساطة وقصر السلسلة النيوكليوتيدية وبعدم جيل قصير لسرعة إكثار الجين المرغوب واحتوائها على منشأ للتناسخ Ori يسمح بعملية التناسخ، ولكنها تختلف فى قدرتها على حمل الجينات وأشهرها :

- البلازميدات وتوجد فى البكتيريا وهى دنا حلقى الشكل يوجد خارج كروموسوم الخلية، ويتراوح طوله ما بين 2 - 200 Kbp (كيلو زوج من القواعد) وتحتوى على جينات مسئولة عن صفة المقاومة للمضادات الحيوية وتتناسخ مستقلة عن كروموسوم الخلية، وتستطيع حمل جين حتى 4 Kbp (سعة الحمل ضعيفة).

- الفيروسات والفاجات (مثل فاج لامبدا λ) الذى يحتوى على كروموسوم طوله 48.5 Kbp وله القدرة على حمل قطعة دنا غريبة قد تصل إلى 15 Kbp .

- الكوزميدات Cosmids هى هجين بين البلازميد والفاج وتتميز بقدرتها على حمل دنا غريب قد يصل إلى ثلاثة أضعاف قدرة الفاج (45 Kbp).

- اليساك وهو الكروموسوم الاصطناعى للخميرة ويحمل قطعة دنا غريب تصل إلى 150 - 200 Kbp .

الركن الثالث وهو الخلية المستقبلة Acceptor وهى خلايا النبات أو الحيوان أو الميكروب المطلوب تحويره أو هندسته وراثيا حيث تستقل إليها المادة الوراثية المعدلة (الدنا المطعم).

ولكى تتم عملية النقل فى النبات يجب أن تعامل الخلايا المستقبلية لإزالة جدارها الخلوى المكون أساساً من السليلوز، وذلك إما إنزيمياً أو ميكانيكياً بالرج أو التجميد ثم يتم إدخال الدنا المعدل Recombinant DNA إلى البروتوبلاست المستقبل

وهناك طرق مختلفة لعملية الإدخال منها (شكل رقم 2)

أولاً: الطرق الطبيعية مثل:

أ) **الأجروبيكتريا:** وهو نوع من البكتريا الممرضة للنبات يعرف باسم *Agrobacterium tumefaciens*. تستطيع أن تخترق جدر خلايا الجذور النباتية وتقوم بإفراغ مادتها الوراثية بداخلها والتي تتكاثر محدثة تورماً أو انتفاخاً مرضياً، وقد تمت الاستفادة من قدرتها على اختراق جدر خلايا النبات بالحصول على البلازميد البكتيرى منها ويزال منه الجين المسبب للتورم (Tumour inducing gene, Ti) ويحل محله الجين المرغوب والمراد إدخاله داخل خلية النبات، ويعاد البلازميد المعدل (المؤشب) إلى داخل خلايا الأجروبيكتريا لإكثاره ثم إدخاله داخل النبات المراد تحويله.

ب) **الفيروسات:** مثل فيروس موزيك الدخان TMV أو الفاجات البكتيرية مثل فاج لمبدا λ حيث تستخلص مادتها الوراثية (غالباً الرنا RNA)، ويتم الحصول على الدنا الفيروسى من عملية النسخ العكسى ثم يضاف الجين المرغوب داخله للحصول على الدنا المطعم (المؤشب) داخل الفيروس والذي يحقن بدوره داخل خلايا النبات المراد تحويله وراثياً.

ثانياً: الطرق الصناعية

أ - طريقة الحقن الدقيق Microinjection

حيث يتم حقن العنصر الناقل المطعم بالجين المرغوب (Recombinant DNA) بصورة مباشرة داخل الخلايا النباتية باستخدام أنبوب زجاجى رفيع جداً يشبه سن إبرة السرغجات الطبية وهى تقنية معقدة ومزعجة.

ب - طريقة الصدمة الكهربائية Electroporation

حيث تتم إزالة جدار الخلايا النباتية لنحصل على البروتوبلازم (خلايا بدون جدار خلوي) وتوضع مع البلازميد المطعم المرغوب نقله للنبات في وسط شحنة كهربية عالية (حوالي 2.5 كيلو فولت) والتي تساعد على مرور الدنا المعدل إلى داخل الخلية النباتية .

جـ - بندقية أو مدفع DNA

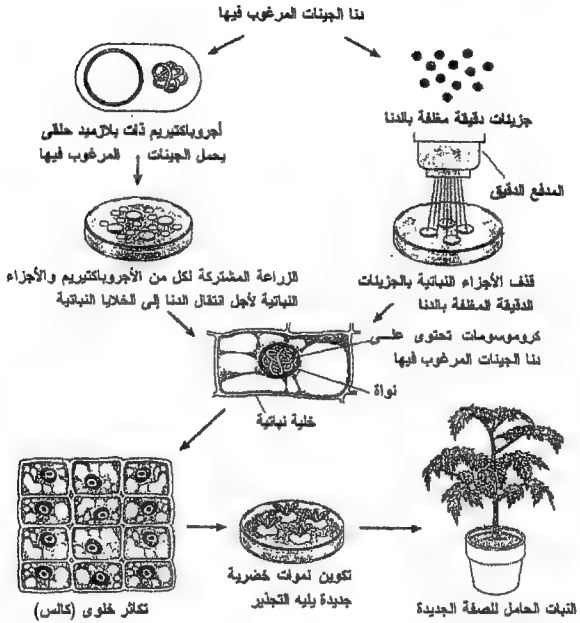
حيث تم خلط الدنا المطعم المراد نقله داخل الخلايا النباتية مع جسيمات دقيقة (قطرها 22 nm) من مادة التنجستين أو الذهب وتقذف باتجاه الخلايا النباتية في معلق الخلايا حيث تحدث هذه الجسيمات ثقباً في الغشاء السيتوبلازمي مما يسمح بمرور الدنا المعدل إلى الخلايا المستقبلية وتصبح جزءاً من محتواها الوراثي .

تقنية زراعة الأنسجة

أي تنمية الخلايا المعدلة أو المحورة على وسط غذائي مناسب يحتوي على جميع العناصر الغذائية اللازمة وأيضاً الهرمونات والمضادات الحيوية، وذلك في أنابيب أو برطمانات رجاجية وتخزينه في غرف أو حضانات متحكم في الحرارة والرطوبة والتهوية والإضاءة، وتتوقف طبيعة النمو في مزارع الأنسجة على تركيز الهرمونات في بيئة النمو حيث يكون النمو غير متميز undifferentiated (تتكون كتلة من الخلايا تسمى كالوس) بوضع Explant في بيئة تحتوي على تركيز مرتفع نسيجا من الأوكسين ومنخفض من السيتوكينين والعكس يمكن تشجيع تكوين نمو متميز differentiated (تكوين نموات خضرية أو جذور أو أجنة كاملة) بزيادة تركيز السيتوكينينات وخفض الأوكسينات في بيئة النمو، حتى يتكون النبات الكامل ثم ينقل إلى الصوب في أصص متدرجة حتى تصل إلى الحقل، وبالتالي نحصل على نبات محاور وراثيا؛ تجرى عليه كافة التجارب والقياسات العالمية للتأكد من كفاءته وقيامه بالوظيفة المطلوبة ومن مطابقته لمعايير الأمان الحيوي .

طريقة الأجرولباكتيريم

طريقة القذف المدفعي الدقيق



شكل (2) مقارنة بين التحويل الوراثي بطريقتي القذف المدفعي الدقيق
والأجرولباكتيريم (عن Chrispeels & Sadava ٢٠٠٣)

أهمية مزارع الأنسجة

* التغلب على حالات عدم التوافق الجنسي بأسلوب مزارع النباتات الأحادية (المتوك -حبوب اللقاح - المبايض - البويضات).

* إنتاج الهجين السيتوبلازمي Cytoplasmic hybrids.

* زيادة المحتوى النباتي من الألكالويدات ومنتجات الأيض الثانوية.

* إنتاج ثمار بكرية العقد باستخدام الطفرات.

* الحصول على تباينات تتحمل الظروف البيئية القاسية مثل البرودة والحرارة المرتفعة والشد الرطوبي (الجفاف) والملوحة (جدول 3).

* مقاومة الأمراض بالانتخاب في مزارع الأنسجة (جدول 4)

جدول (3) أمثلة لحالات انتخاب في مزارع الأنسجة لبعض ظروف الشد البيئي (عن Remotii 1998)

طبيعة التحمل الذي تحقق من خلال مزارع الأنسجة	النوع
تحمل الأرض الحامضية	<i>Sorghum bicolor</i>
تحمل الألوينوم	<i>Daucus carota</i>
تحمل الألوينوم	<i>Nicotiana plumbaginifolia</i>
تحمل الألوينوم	<i>Oryza sativa</i>
تحمل الألوينوم	<i>Solanum tuberosum</i>
تحمل الكاديوم	<i>Datura innoxia</i>
تحمل الكاديوم	<i>Nicotiana tabacum</i>
تحمل الكاديوم	<i>Oryza sativa</i>
تحمل الشد الرطوبي	<i>Triticum durum</i>
تحمل الشد الرطوبي، وتحمل الحرارة العالية	<i>Triticum aestivum</i>
تحمل الحرارة العالية (٢٨م)	<i>Gossypium hirsutum</i>
القدرة على الإنبات في الحرارة المنخفضة (١٤م)	<i>Cucumis melo</i>
النشر على الإنبات في الحرارة المنخفضة (٥-٨م)	<i>Linum usitatissimum</i>
تحمل التجمد (-١٦م)	<i>Medicago sativa</i>
تحمل البرودة (-٥م)	<i>Oryza sativa</i>
تحمل التجمد (-١٠م)	<i>Trifolium pratense</i>
تحمل التجمد (-١٣م)	<i>T. aestivum</i>
تحمل البرودة (٢م)	<i>Zea mays</i>
تحمل الأشعة فوق البنفسجية UV-B	<i>Beta vulgaris</i>

جدول (4) قائمة بأنواع محصولية مقاومة للأمراض حُصل عليها
بالانتخاب في مزارع الأتسجة (عن Chawla ٢٠٠٠)

النبات	المسبب المرضي	وسيلة الانتخاب
زيت اللفت	<i>Phoma lingam, Alternaria brassicicola</i>	راشح الزرعة
الأرز	<i>Helminthosporium oryzae</i>	السّم ذاته
	<i>Xanthomonas oryzae</i>	الخلايا البكتيرية
الخمير	<i>Helminthosporium sativum</i>	السّم ذاته
	<i>Fusarium spp.</i>	حامض الفيوزاريك
الذرة	<i>Helminthosporium maydis</i>	السّم Hm
الشوفان	<i>Helminthosporium victoriae</i>	الفيتورين
القمح	<i>Helminthosporium sativum, Fusarium graminearum</i>	السّم ذاته
	<i>Pseudomonas syringae</i>	Syringomycin
قصب السكر	<i>Helminthosporium sacchari</i>	السّم
التبغ	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tabaci</i>	Methionine sulfoximine
	<i>Alternaria alternata; P. syringae</i> pv. <i>tabaci</i>	السّم
	Tobacco mosaic virus	الفيرس
	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>nicotianae</i>	راشح الزرعة
البطاطس	<i>Phytophthora infestans, Fusarium oxysporum</i>	راشح الزرعة
	<i>Erwinia carotovora</i>	البكتيريا
البرسيم	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>medicagnis</i>	راشح الزرعة
الحجازي	Tobacco mosaic virus	الفيرس
الطماطم	<i>Pseudomonas solanacearum</i>	راشح الزرعة
البانجان	<i>Verticillium dahliae</i>	راشح الزرعة
	Little leaf disease	الكاذن المرض
الخوخ	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>pruni</i>	راشح الزرعة
الأفيون	<i>Verticillium albo-atrum</i>	راشح الزرعة
الكرفس	<i>Septoria apicola</i>	راشح الزرعة

2-2- تطبيقات التقنية الحيوية في المجال الزراعي

2-2-1- مقاومة الإصابة الحشرية

تزرع النباتات منذ آلاف السنين للاستفادة منها في الصور المختلفة، والمشكلة التي تواجه هذه الزراعات باستمرار هو الإصابات الحشرية، وحتى وقت قريب كان من الطبيعي أن تزرع ضعف الكمية المطلوبة من التقاوي لأن الحشرة عادة ما كانت تأكل نصف المحصول، وعلى الرغم من وجود الطرق المختلفة من التحكم والمقاومة فإن نسبة حوالي 40% من غذاء العالم يفقد بسبب الإصابة بالآفات والأمراض؛ ولذلك لجأ الإنسان إلى استخدام المبيدات الحشرية ذات الفاعلية الشديدة، ولكنها أدت إلى أضرار شديدة على صحة الإنسان والبيئة التي يعيش فيها؛ ولذلك يلجأ الإنسان إلى طرق مختلفة من المقاومة وهي كما يلي:

2-2-1-1- تعقيم الذكور

عرف الإنسان منذ عدة سنوات طريقة فعالة لمقاومة الحشرات عن طريق وقف دورة حياتها وذلك من خلال عملية التكاثر، وإحدى هذه الطرق الفعالة هو استخدام التقنية الحيوية لنطلق في الطبيعة آلافًا من الذكور العقيمة في المناطق الموبوءة فتعامل ذكور الحشرات في المعمل بالإشعاع أو معاملات تجعلها غير مخصبة وعادة هذه المعاملة لا تؤثر في قدرتها على إتمام عملية التزاوج؛ ولذلك فعندما تتزاوج الذكور العقيمة مع الإناث البرية لا تعطى أي نسل ويمكن التخلص من أي آفة حشرية عن طريق تشبيع المنطقة بتلك الذكور العقيمة.

ولقد سجلت إحدى حالات النجاح باستخدام تلك الطريقة عندما أمكن القضاء على آفة حشرية في المنطقة الجنوبية الشرقية من الولايات المتحدة تعرف باسم Boll weevils؛ حيث إنها خلال القرن العشرين كانت تشكل خطراً جسيماً وتسبب أضراراً لمحصول القطن في تلك المنطقة، وكان يُنقذ ملايين من الدولارات كل عام على المبيدات الحشرية اللازمة للقضاء على تلك الحشرة، وفي الفترة الأخيرة من ذلك القرن تركزت الجهود على جعل المنطقة الجنوبية مشبعة بالذكور العقيمة، وبالفعل نجحت الطريقة في القضاء على تلك الحشرة، وأيضاً نجحت في

القضاء والتخلص من حشرة أخرى ظهرت فى تلك الفترة وعرفت باسم الديدان الحلزونية Screwworms وهى أيضاً كانت تمثل خطراً كبيراً على الزراعات فى نفس المنطقة، وتعتبر هذه الطريقة فى المعاملة من أفضل الطرق حيث إنها لم توفر فقط النقود كل عام ولكنها أيضاً تحافظ على البيئة لأنها قللت من استخدام المبيدات المستخدمة فى تلك المنطقة .

2-1-2-2 المبيدات الميكروبية

وهى تعنى استخدام الميكروبات خاصة بكتيريا *Bacillus thuringiensis* والتي تعرف باسم الـ Bt كمبيد للتغلب على الإصابة الحشرية وهى بكتريا تعيش فى التربة، ولقد عرفت تلك البكتيريا منذ عدة سنين وعرفت بقدرتها العالية على قتل الحشرات، ولقد تم اكتشافها بواسطة العالم بيرلينز عام 1911 عندما وجد العلماء أن السموم التى تنتجها تلك الحشرة تذوب فى أمعاء اليرقات وتشل المعدة، وبالتالي توقف عملية الهضم داخل بعض الحشرات، ووجد أيضاً أن تلك السموم غير ضارة وغير سامة للتدييات والحيوانات مثل الطيور والإنسان وغيرها، حيث إن بروتين البكتيريا يتصل بالجدار الخلوى للجهاز الهضمى للحشرة ويحدث له نزيف داخلى، بينما هذا التفاعل لا يحدث فى التدييات نظراً للطبيعة الحامضية للقناة الهضمية فى التدييات؛ ولذلك استنتج أن الطبيعة القلوية للحشرة هى التى تسمح لبروتين الحشرة أن يعمل ويقتل الحشرة .

وقد استخدمت الـ Bt وما زالت تستخدم كوسيلة عضوية فعالة لمقاومة الحشرات، ولقد اكتشفت أكثر من 280 سلالة مختلفة من تلك البكتيريا، وكثير منها ينتج سموماً مختلفة قاتلة للحشرات، فعلى سبيل المثال فبعض هذه السموم قاتلة للحفارات وأخرى للخنافس وأخرى للذباب، ومازال عدد كبير من المنتجين والزرايع يشتركون كمية كبيرة من هذه المبيدات الحيوية؛ نظراً لأن استخدام المبيدات الحيوية أكثر أماناً للبيئة، إلا أن هناك مشاكل كثيرة تحد من استخدام المبيدات الحيوية فى عملية المقاومة منها:

أ - أكبر مشكلة تواجه تلك المبيدات هو أنها تتحلل بسرعة كبيرة وبخاصة عندما تتعرض لضوء الشمس، وعلى الرغم من أن المزارع الذى يستخدم المبيدات الحيوية يعتبر أن هذه الخاصية من المميزات الكبرى لأنها تخلص البيئة من الآثار الضارة بسرعة، إلا أن كبار المنتجين يعتبرون أن هذه المعاملة غير كافية لأن المبيد يتحلل حتى أثناء المعاملة ويصبح غير فعال، وبالتالي يزول تأثيره، ومن ثمّ يتعرض النبات للضرر والإصابة بالحشرة مرة أخرى.

ب - أيضاً من هذه المشاكل التى تواجه المنتج المستخدم لمبيد الـ Bt هو أن الرش بالمبيد قد يكون غير فعال، لأنه لا يصل إلى مكان تواجد الحشرة، فمثلاً إذا كانت الحشرة تأكل الأوراق فإن الرش بالمبيد عادة ما يكون سطحياً لتغطية سطح الورقة، وتظهر المشكلة إذا كانت أوراق النبات سميكة جداً، لدرجة أن الرش لا يصل إلى كل الأوراق وتصبح المشكلة أكبر إذا كانت الحشرة تصيب الجذور مما يجعل وصول المبيد للحشرة غير ممكن، وأيضاً إذا تواجدت الحشرة داخل السيقان، والرش السطحي قد لا يصل إليها .

ج - المدى العوائلى المتخصص، حيث تُهاجم المحاصيل أحياناً بأكثر من نوع واحد من الآفات المستهدف مكافحتها مما دعا العلماء إلى محاولة التحور المباشر فى بكتيريا Bt. لإعطاء مدى عوائلى عريض أو استخدام البكتيريا المحورة وراثياً التى تستعمر النظام الوعائى للنبات المعروفة بـ Endophytes حيث توصل التوكسين لمكان الآفات التى تتغذى داخلها، هذه المشاكل تساهم فى تعميق رفض المزارعين لاستخدام Bt كمبيد حيوى .

2-2-3- النباتات المعدلة وراثياً مقاومة للحشرات

إن من أعظم إنجازات التقنية الحيوية فى مجال علم النبات هو الذى حدث عن طريق إنتاج نباتات محورة وراثياً محتوية على نظام داخلى مقاوم للحشرات، والنباتات المحورة وراثياً هى تلك النباتات التى تم نقل مادة وراثية لها من كائن

آخر، وهذه المادة قد تأتي من أي كائن من أي نوع حتى ولو كان من خارج المملكة النباتية وليكن بكتريا أو فطر أو بروتوزوا مثلاً. والجدول التالي (رقم 5) يستعرض العديد من الجينات ذات الأصل النباتي التي استخدمت في مقاومة الحشرات.

جدول (5) الجينات ذات الأصل النباتي التي استخدمت في مقاومة الحشرات (عن Slater ٢٠٠٠)

الجين النباتي	البروتين الذي يشفره الجين	مصدر الجين	الحشرات التي تؤثر فيها	البهارات التي حوت وراثياً
<i>Protease inhibitors</i>				
C-II	Serine protease	فول الصويا	Coleoptera, Lepidoptera	لفت الزيت والحمور والبطاطس والتبغ
CM6	Trypsin	القمح	Lepidoptera	التبغ
CM11	Trypsin	الكوسا	Lepidoptera	التبغ
CpII	Trypsin	اللوبيا	Coleoptera, Lepidoptera	الفاصول والخس ولفت الزيت، والبطاطس والأرز والبرسيم ونبات القطن والقمح والبطاطس والتبغ والطماطم والتبغ
14K-CI	Bifunctional serine Protease and α -amylase	الحبوب		التبغ
MTI-2	Serine protease	الماند	Lepidoptera	التبغ Arabidopsis والتبغ
OC-1	Cysteine protease	الأرز	Coleoptera, Homoptera	لفت الزيت والحمور والتبغ
PI-IV	Serine protease	فول الصويا	Lepidoptera	البطاطس والتبغ
Pot PI-I	Proteinase	البطاطس	Lepidoptera, Orthoptera	البطاطس والتبغ
Pot PI-II	Proteinase	البطاطس	Lepidoptera, Orthoptera	البطاطس والتبغ والأرز والتبغ
KIT3, SKT1	Kunitz trypsin	فول الصويا	Lepidoptera	البطاطس والتبغ والأرز
PI-I	Proteinase	القمح	Lepidoptera	البرسيم الحجازي والتبغ والطماطم
PI-II	Proteinase	القمح	Lepidoptera	التبغ، الطماطم
α -Amylase inhibitors				
a-AI-Pv	α -amylase	الذاترويا	Coleoptera	فاصوليا أنزويكي والبسلة والتبغ
WMAI-1	α -amylase	الحبوب	Lepidoptera	التبغ
14-K-CI	Bifunctional Serine protease and α -amylase	الحبوب		التبغ
<i>Lectins</i>				
GNA	Lectin	زهر القمح النجدي	Homoptera, Lepidoptera	القمح ولفت الزيت والبطاطس و الأرز والبطاطا والقمح والبرسيم ونبات القطن والتبغ
p-Iac	Lectin	البسلة	Homoptera, Lepidoptera	البطاطس والتبغ
WGA	Agglutinin	حبوب التبغ	Lepidoptera, Coleoptera	الذرة
Iacalin	Lectin	Jack fruit	Lepidoptera, Coleoptera	الذرة
Rice lectin	Lectin	الأرز	Lepidoptera, Coleoptera	الذرة
<i>Others</i>				
BCH	Chitinase	الذاترويا	Homoptera, Lepidoptera	البطاطس
Peroxidase	Anionic peroxidase	التبغ	Lepidoptera, Coleoptera, Homoptera	الصمغ والتبغ والطماطم
Chitinase	Chitinase			لفت الزيت
TDC	Tryptophan decarboxylase	Catharanthus roseus	Homoptera	التبغ

ولقد تمكن العلماء من إنتاج قطن محوّر وراثياً عن طريق قطع الجين أو الجزء من المادة الوراثية الخاص ببكتريا الـ Bt. ونقله إلى النبات العائل والملاحظ هنا أنه بالرغم من أن المادة الوراثية منقولة من نوع إلى نوع آخر إلا أنه يتم التعبير عنها في النبات العائل مما جعل النبات نفسه ينتج السم الخاص بالبكتيريا، أى أنه أصبح ساماً للحشرات التى تهاجمه وبالتالي اكتسب النبات صفة المقاومة المرغوب فيها.

وأحد الأمثلة الهامة للمحاصيل المعدلة وراثياً باستخدام الـ Bt. هو فى نبات الذرة حيث إنه يصاب بإحدى الآفات "ثاقبة الذرة الأوروبية" التى تسبب ضرراً عظيماً للمحصول، وتعتبر مشكلة كبيرة فى المناطق التى تزرع فيها لصعوبة مقاومتها؛ لأن اليرقات تدخل إلى السيقان وتسبب ضرراً شديداً للنبات لأنها تكون مختفية ومحمية داخل النبات، والرش السطحي لا يصل إليها. والنباتات المعدلة وراثياً الحاملة لجين الـ Bt. تكون سامة لتلك الحشرة الثاقبة، وبالتالي يصبح النبات مقاوماً لهذه الحشرة، وقد توجد سلالات أخرى من جين الـ Bt. يمكن أن تساعد الذرة فى مقاومة أنواع أخرى من الحشرات مثل "يرقة كيزان الذرة"، وعلى الرغم من أن التأثير ليس بنفس الدرجة التى توصلنا إليها فى حالة "ثاقبة الذرة الأوروبية" إلا أنه ساعد كثيراً فى تقليل كمية المبيدات الحشرية المستخدمة.

ويوجد الآن ملايين من الهكتارات المزرعة بتلك المحاصيل المحورة وراثياً بجينات Bt. وهى ما زالت فى تزايد مستمر مثل فول الصويا والذرة والبطاطس والطماطم والتفاح والأرز بالإضافة إلى بعض محاصيل الخضروات، ومن المتوقع أن يدخل ذلك فى كل المحاصيل ذات الأهمية الاقتصادية (جدولاً رقم 6، 7). والعامل الرئيس فى إنتاج وتسويق المحاصيل المحورة وراثياً بالـ Bt. هو قبولها لدى المستهلك، فعلى سبيل المثال تم إنتاج نباتات بطاطس محورة وراثياً بالـ Bt. وهذه النباتات لها القدرة على مقاومة حشرة تعرف باسم "خنفسة كلورادو للبطاطس" وعلى الرغم من أن البطاطس المنتجة أجريت عليها جميع اختبارات الأمان اللازمة مما يسمح لها بالاستخدام والاستهلاك الأدمى إلا أن عموم الناس المستهلكة لذلك المحصول لا تقبل استخدام البطاطس المحورة وراثياً كطعام؛ ولذلك فإن الكمية المنتجة من ذلك المحصول المحور وراثياً قليلة جداً.

مميزات النباتات المحورة وراثياً لمقاومة الحشرات

- 1 - توفير ملايين من الدولارات التى تنفق على المبيدات .
- 2 - تجعل البيئة أكثر نظافة باستخدام كمية مبيدات أقل لحماية المحصول ، وأيضاً بوجود ذلك النظام الفعال داخل النبات لمقاومة أضرار الحشرة .
- 3 - انخفاض التكلفة اللازمة للعمالة ونفقات الوقود وتكلفة تشغيل الماكينات ؛ ولذلك فإن تلك النباتات المحورة وراثياً لها تأثير فعال على المنتجين وبخاصة فى البلدان التى تستخدم كمية مبيدات كبيرة ؛ لأنه نظراً لوجود ذلك النظام الداخلى الفعال فى داخل النبات أصبح شراء واستخدام المبيدات غير ضرورى .
- 4 - هناك فائدة أخرى غير مباشرة من استخدام محاصيل الـ Bt المعدلة وراثياً مثل الذرة وفول الصويا حيث إنه يحدث انخفاض شديد ومعنوى فى كمية السموم الفطرية المفرزة على النباتات وهى سموم تفرز بواسطة الفطريات عندما تنمو على الحبوب والمواد المغذية وتسبب أضراراً بالغة على صحة الإنسان وتقلل أيضاً الفطريات التى تدخل إلى النباتات فى أماكن الثقوب التى تحدثها الحشرات المتغذية والتى تنمو وتنطلق منها جراثيم تفرز السموم الفطرية ، أى أن وجود جين الـ Bt يقلل من الضرر الحششى ويصبح عدد الفتحات أقل فى النبات مما يقلل بالتالى من النيمات الفطرية .

جدول (6) تحولات وراثية لمقاومة الحشرات اعتمدت على جينات Bt
مخلقة (عن Mandaokar وآخرين ١٩٩٩)

النبتات	الجين	بروتين الـ Bt (كسبة مئوية من البروتين الساذب)	الحشرة المستهدفة
القطن	cry1Ab/	0.1	<i>Heliothis zea</i>
	cry1Ac		<i>Pectinophora gossypiella</i>
البطاطس	cry3A	0.3	<i>Leptinotarsa decemlineata</i>
الذرة	cry1Ab	0.17	<i>Ostrinia nubilalis</i>
الأرز (<i>japonica</i>)	cry1Ab	0.05	<i>Chilo suppressalis</i>
الأرز (<i>indica</i>)	cry1Ac	0.025	<i>Scirpophaga incertulas</i>
الطماطم	cry1Ab	0.3	<i>Heliothis zea</i>
التبغ	cry1Ab	0.03	<i>Heliothis virescens</i>
البانجان	cry1Ab	0.03	<i>Leucinodes orbonalis</i>
لفت الزيتون	cry1Ac	0.4	<i>Plutella xylostella</i>
الهرسيم الحجازي	cry1C	0.2	<i>Spodoptera littoralis</i>

جدول (7) الأصناف التجارية التي أنتجتها شركات التكنولوجيا الحيوية
من بعض المحاصيل الاقتصادية الهامة (عن Slater وآخرين ٢٠٠٣)

الشركة	الصفة	بروتين الـ Bt	الحصول	الحشرات المستهدفة
Monsanto	New-Leaf	Cry3A	البطاطس	Colorado beetle
Monsanto	Bollgard	Cry1Ac	القطن	Tobacco budworm, cotton bollworm, pink bollworm
Monsanto	YieldGard	Cry1Ab	الذرة	European corn borer
Novartis	YieldGard			
	Knockout			
Mycogen	NaturGard			
DeKalb	Br-Xtra	Cry1Ac	الذرة	European corn borer
Aventis	StarLink	Cry9C	الذرة	European corn borer
Mycogen	Herculex 1	Cry1F	الذرة	European corn borer
Pioneer				
Monsanto		Cry3Bb	الذرة	Corn rootworm larvae

2-2-2- المحاصيل المقاومة للحشائش

إن المشكلة التي تواجه المنتج دائماً وهي بنفس درجة خطورة الإصابة الحشرية هي الحشائش التي تتنافس مع المحاصيل من أجل التغذية والمساحة، وتعتبر الحشائش آفة من الآفات تماماً مثل الحشرات والكائنات الممرضة حيث إنه ينفق كل عام ملايين من الدولارات لمحاولة تخفيض الآثار الضارة للحشائش على المنتجات الزراعية حيث إنها تضر كلا من الإنسان والحيوان بطرق مختلفة.

أضرار الإصابة بالحشائش

1- تنافس الحشائش المحاصيل المزروعة على المواد الضرورية للنمو، فلو حدث وسمح لنمو الحشائش فإنها ستأخذ نصيباً كبيراً من المواد الغذائية التي كان من المفروض أن تذهب إلى المحصول مما يؤدي إلى ضياع مواد غذائية هامة على النبات، أيضاً الحشائش تتنافس مع المحاصيل على المساحة وضوء الشمس، فكثير من الحشائش تنمو أطول من نباتات المحصول نفسه مما يؤدي إلى أن يغطي ظلها النباتات فتقلل من شدة الضوء النافذ إلى المحصول والتي يستخدمها النبات في التمثيل الضوئي مما يؤدي إلى نمو المحصول ببطء ويعطى إنتاجاً أقل.

2- الحشائش تزيد من انتشار الحشرات والكائنات الممرضة على المحاصيل، فهناك أنواع حشائش جاذبة للآفات والتي تكون ضارة بالمحصول؛ ولذلك فإن مقاومة الحشرات والأمراض لمحاصيل ينمو بينها حشائش يكون صعباً جداً؛ لأن على المنتج أن يعتني بالنبات ويقاوم الحشائش التي يمكن أن تكون عاثلاً للعديد من الكائنات الممرضة ووسيلة لنشرها على المحاصيل النباتية.

3- الحشائش تسبب أيضاً عدم نقاوة المنتجات الزراعية؛ ففول الصويا المحتوى على بذور حشائش وبعض البذور مماثل في الحجم والشكل ببذور فول الصويا؛ ولذلك يصعب فصلها عن المحصول الأساسي، ومحصول القطن المصاب بالحشائش يحتوى على ملوثات كثيرة لا بد

وأن يتم التخلص منها، وبعض بذور هذه الحشائش سام للحيوانات كل هذا يقلل بالطبع من قيمة المحاصيل المصابة.

الطرق المتبعة لمقاومة الحشائش

عملية مقاومة الحشائش مستمرة منذ زمن بعيد فقد استخدمت عدة طرق منها:

1 - الخلع اليدوي أو الطرق الميكانيكية التقليدية كالحرث والعزق، ومعظم هذه الطرق تحتاج عمالة كثيرة وأحياناً تسبب مشاكل للتربة الزراعية، كما أنه لا بد أن يوضع في الاعتبار الوقت المناسب للعزق وطبيعة انتشار الجذور (سطحية أو عميقة) ونوع العزقة لتقليب بين الخطوط أو ذات الفرشاه Bruch weeder.

2 - استبدلت تلك الطرق في الستينيات من القرن الماضي بمبيدات الحشائش ومعظمها فعال في قتل الحشائش، والمشكلة تأتي أن مبيد الحشائش بالإضافة لقدرته على قتل الحشائش فإنه قد يؤدي المحصول الرئيس، وهذا الضرر يتراوح ما بين البسيط أو الضرر المركب، وبالطبع تكون النتائج غير جيدة إذا أدى التخلص من المبيد إلى قتل أو ضرر المحصول الرئيس.

ويوجد نوعان من مبيدات الحشائش

أ - أحدهما يسمى "بغير الاختيارية" وهي تقتل كل النباتات التي ترش عليها وغالباً ما تستخدم عندما يراد التخلص من كل المادة الخضراء.

ب - والنوع الثاني يسمى "بالاختيارية" حيث يتم التخلص فقط من الحشائش الضارة، وبالرغم من أن هذه المبيدات لها مميزاتها إلا أن لها كثيراً من المشاكل، فالرش بها مكلف والمكينات المستخدمة والوقود والعمالة هي تكلفة إضافية تضاف إلى تكلفة الإنتاج للمحاصيل، وأحياناً يصاب المحصول الواحد بالعديد من أنواع الحشائش وبذلك تصبح المشكلة مركبة، وتُصمم مبيدات الحشائش الاختيارية للتخلص

عادة من نوع واحد من الحشائش، فعلى سبيل المثال هناك بعض المبيدات تقتل فقط النباتات ذات الأوراق العريضة، وبالتالي عند معاملة النباتات المنزوعة ذات الأوراق الدقيقة تكون فى مأمن، وأيضاً فى حالة العكس إذا كان مبيد الحشائش يقتل النباتات ذات الأوراق الدقيقة فإن المحاصيل ذات الأوراق العريضة لا تتعرض لأى نوع من المشاكل، أما إذا أصيب الحقل بنوعين من الحشائش الضارة ذات الأوراق العريضة والدقيقة فإن المشكلة يصعب حلها.

3 - استخدام النباتات المعدلة وراثياً لمقاومة الحشائش، حيث تعتمد برامج الهندسة الوراثية لمقاومة مبيدات الحشائش على أحد أسلوبيين:

أولاً- إفقاد مبيد الحشائش لسميته Detoxification بنقل جينات للنباتات تتحكم فى إنتاج إنزيمات تحلل مبيدات الحشائش مثل جين bar المعزول من بكتيريا *streptomyces hygroscopicus* الذى ينتج إنزيم الفوسفينوثيرسين أستيل ترانسفيراز الذى يحلل مبيدات الحشائش المحتوية على الفوسفينوثيرسين ويفقد سميته

ثانياً- إدخال جينات لا تؤثر عليها مبيدات الحشائش أى تعمل على إنتاج إنزيمات لا تتعرف عليها مبيدات الحشائش، وبالتالي لا تقتل النباتات بفعل المبيد، فمادة الجلايفوسيت - المادة الفعالة لمبيدات مثل الرونداب Round up وتعمل ويد Tumble weed الواسعة المفعول ضد الحشائش المعمرة والمقبولة بيئياً لعدم سميته للحيوانات وسرعة تحللها بواسطة كائنات التربة ويستهدف الجلايفوسيت إنزيم EPSP-synthase اختصار Enol-pyruvylshikimate 3-phosphate الموجود فى البلاستيدات الخضراء ويعد من الإنزيمات الرئيسة لمسار Shikimate pathway الذى يتضمن تمثيل الأحماض الأمينية الأروماتية التربتوفان والفينيل ألانين، ويؤدى نقل الجين الطفرى aro A المعزول من بكتيريا *Salmonella typhimurium* إلى إنتاج إنزيم EPSPS محوّر لا يميزه الجلايفوسيت، ومن ثم لا يؤثر

فيه ، ولقد نجح العلماء فى إنتاج أصناف من الذرة والقطن وفول صويا والشلجم والتبغ والطماطم والبيتونيا مهندسة وراثياً مقاومة؛ لذلك المبيد، حيث إنها تسمح بإنتاج الأحماض الأمينية (التي يوقف إنتاجها بواسطة المبيد) عن طريق مسار حيوي جديد آخر بصورة طبيعية باستخدام ذلك الجين الجديد، وبالتالي تنتج جميع البروتينات الخاصة بها بعيداً عن تأثير المبيد. ويلخص الجدولان التاليان أهم الجينات المستولة عن المقاومة لمبيدات الحشائش واستعمالاتها (جدول 8) وأمثلة لحالات التحول الوراثي فى العديد من المحاصيل الزراعية لإنتاج أصناف متحملة لتنوعات مختلفة من مبيدات الحشائش بواسطة شركات البيوتكنولوجي (جدول 9).

جدول (8) الجينات المستولة عن المقاومة لمبيدات الحشائش واستعمالاتها (عن Gressel 1998)

الجين	المبيد المُقاوِم	مصدر الجين	طبيعة المقاومة	المحاصيل المُقاوِمة
AroA	Glyphosate	طفلة نباتية	موقع محدد للتأثير فول الصويا - الذرة - القطن - لفت الزيت	
bar, pat	Glofosinate	بكتيريا	أبيض	الطماطم - بجر السكر - القمح - لفت الزيت - الأرز - البطاطس - الفول - السويديتى - البرسيم - الحجازى - الذرة
csr1, ahas3r	Imidazolinone, Sulfonylurea, Triazopyrimidine	طفلة نباتية	موقع محدد للتأثير الذرة - التبغ - الكتان - لفت الزيت	
sulI	Asulam	بكتيريا	موقع محدد للتأثير التبغ	
مشبطات الـ ACCase	2,4-D	طفلة مزارع أسجة	موقع محدد للتأثير الذرة	
ttf1A	Bromoxynil	بكتيريا	أبيض	القطن - التبغ
bxn	Dalapon	بكتيريا	أبيض	القطن
deh1	Isoxaben	بكتيريا	أبيض	التبغ
	Dichlobenil	نبات	غير معلوم	لا يوجد بعد
	Pyridazinones	نبات	غير معلوم	لا يوجد بعد
cr11	Phenmedipham	بكتيريا	موقع محدد للتأثير التبغ	
pcd	Atrazine	بكتيريا	أبيض	التبغ
psbA		نباتات	موقع محدد للتأثير البطاطس - لفت الزيت - التبغ	

جدول (9) أمثلة لمحاولات التحويل الوراثي التي أجريت لمعرفة مختلف هياكل التكنولوجيا الحيوية في مختلف المحاصيل الزراعية لأجل إنتاج أصناف جديدة قادرة على تحمل نوعيات مختلفة من مبيدات الحشرات (عن Slater وآخرين ٢٠٠٣)

المحاصيل	الشركة	الجين المقول والآلية	المبيد أو المركب التجاري	ثمة المبيد
فول الصويا، ولدت الزيت والطعام	Monsanto	<i>Agrobacterium</i> CP4- resistant gene	Glyphosate (Roundup)	Glycine
الذرة	Monsanto	Malze resistant gene	Glyphosate (Roundup)	
الذرة، ولدت الزيت، وفول الصويا	Monsanto	Oxidoreductase detoxification	Glyphosate (Roundup)	
الذرة، والأرز، والقمح، والبطيخ، ولدت الزيت، والبطيخ، والذرة، السكر، والأرز، والقمح، والذرة	Hoechst/Ag-Evo/Ave nids Novartis/Syngenta	bar gene- phosphinothricin acetyltransferase detoxification	Phosphinothricin (Basta), (Liberty)	Phosphinic acid
لقت الزيت، والكتان، والأرز، والطماطم وبخمس السكر، والأرز	DuPont- Pioneer Hi-Bred	Mutant plant acetolactate synthase	Chlorsulphuron (Glean)	Sulphonylureas
فول الصويا	American Cyanamid DuPont, Ciba-Geigy/Novartis	Mutant plant acetolactate synthase Mutant plant chloroplast <i>psbA</i> gene	(Arsenal) Atrazine (Lasso)	Imidazolinone S-triazines
القمح، ولدت الزيت، والبطيخ، والطماطم	Calgene	Nitrilase detoxification	Bromoxynil (Buctril)	Nitriles
الذرة والقمح	Schering/Ag-Evo	Monoxygenase detoxification	2,4-D	Phenoxy-carboxylic acids

2-2-3- مقاومة الأمراض النباتية الفطرية والبكتيرية والفيروسية

بالطبع الأمراض النباتية يمكن أن تدمر أى محصول، ولقد تعامل الإنسان مع هذه المشاكل منذ مئات السنين، والكوارث المرضية للنباتات قد تؤدي إلى تغيير مجرى التاريخ، فعلى سبيل المثال فى القرن التاسع عشر (عام 1840) حدثت كارثة فى أيرلندا للبطاطس حيث أصيب المحصول بمرض التبقع الذى أدى إلى القضاء عليه تماماً، وقد حدثت مجاعة عظيمة نتيجة تلك الإصابة المرضية أدت إلى موت عدد كبير وإلى هجرة ملايين من الأيرلنديين إلى أمريكا وأستراليا وخصوصاً ذوى الخبرة والكفاءة العالية، مما أدى إلى حدوث تغيير فى التركيب الاجتماعى لشعب المنطقة، ولكن بعد ذلك بفترات تمكن العلماء من استنباط أصناف مقاومة بالانتخاب الطبيعى.

وجميع المحاصيل تقريباً بدءاً بالحبوب وحتى الفاكهة قابل للإصابة بالأمراض التى تسببها الفطريات أو البكتيريا أو الفيروسات، وكل عام يرش العديد من مئات الأطنان من المبيدات لمقاومة الأمراض النباتية وتقريباً يرش بها كل المحاصيل المنزوعة.

والطريقة البديلة الحديثة هو استخدام نباتات محورة وراثياً تقاوم مسببات الأمراض الفطرية والبكتيرية (جدول 10) وتعتمد على جينات المقاومة الطبيعية الموجودة فى شتى الأنواع النباتية البرية مثل جينات إنتاج إنزيمات البيروكسيديز والبروتينيز مثل Zeamatin التى تعمل على تحلل الأغشية الخلوية بالفطريات أو جينات التحكم فى إنتاج البروتينات المضادة للفطريات مثل الفيتوأكسينات phytoalexins والشيتينيز chitinases والجلوكانيز glucanases ومثبطات الريبوسومات، وأمكن زيادة مقاومة أصناف من الطماطم والخيار والجزر بالتحور الوراثى بجينات معزولة من البيتونيا والتبغ والفاصوليا والأرز وأخيراً جينات إنتاج المضادات الحيوية مثل nikkomycin أو إنتاج مركبات أخرى مثل الأحماض الدهنية غير المشبعة المقاومة لفطريات البياض الدقيقى فى الطماطم.

ونفس الشيء بالنسبة للبكتيريا وذلك بالاستفادة من الجينات التى تشفر لبروتينات مضادة للبكتيريا مثل السركوبينات cercopins والاتاسينات attacins

جدول (10) النباتات المحولة وراثيا التي أنتجت من مختلف المحاصيل الزراعية لمقاومة الأمراض الفطرية والبكتيرية حتى عام ١٩٩٩ (عن Chawala ٢٠٠٣)

طبيعة المقاومة والحصول	الجين	المسبب المرضي الذي يتأمله الجين
بروتينات: التغ	Bacterial chitinase from <i>Serratia marcescens</i> Bem chitinase gene PR-1-a gene	<i>Alternaria longipes</i> <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Peronospora tabacina</i> , <i>Phytophthora</i> <i>parasitica</i> var. <i>nicotianae</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Cercospora nicotinae</i>
الطماطم	Chitinase and 1,3- β glucanase Chitinase and 1,3- β glucanase Chitinase Chitinase	<i>Fusarium oxysporum lycopersici</i> <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Cylindrosporium concentricum</i> ; <i>Phoma blight</i> ; <i>Sclerotinia</i> <i>sclerotiorum</i>
		<i>Rhizoctonia solani</i> <i>Alternaria dauci</i> , <i>Alternaria radicicola</i> , <i>Cercospora carotae</i> , <i>Erysiphe carotae</i> <i>Phytophthora infestans</i>
الأرز الجزر	Chitinase Chitinase and 1,3- β glucanase	<i>Rhizoctonia solani</i> <i>Alternaria dauci</i> , <i>Alternaria radicicola</i> , <i>Cercospora carotae</i> , <i>Erysiphe carotae</i>
البطاطس مضادات ميكروبية بروتينية:	PR5	<i>Phytophthora infestans</i>
التغ	Barley RIP (ribosome inactivating protein)	<i>Rhizoctonia solani</i>
الطماطم	Probevelin from <i>Hevea</i> <i>brasiliensis</i>	<i>Trichoderma hamatum</i>
التغ	Defensin-Rs AFP ₂ from radish	<i>Alternaria longipes</i>
التغ	Barley α thionin gene	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tabaci</i> , <i>P.</i> <i>syringae</i> pv. <i>syringae</i> <i>P. syringae</i> pv. <i>tabaci</i>
التغ الأرز	Cecropin Cecropin	Bacterial pathogen
البطاطس	Bacteriophage T-4 lysozyme	<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>atroseptica</i>
التغ	Hen egg white lysozyme (HEWL)	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Verticillium</i> <i>albocitrum</i> , <i>Rhizoctonia solanum</i>
التغ	Lysozyme from human being	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tabaci</i> ; <i>Erysiphe elchioracearum</i>
البطاطس	H ₂ O ₂ gene for glucose oxidase	<i>Verticillium dahliae</i> , <i>Phytophthora</i> ; <i>Erwinia carotovora</i>
لهبوا الأكسينات: التغ	Stilbene synthase Stilbene synthase	<i>Botrytis cinerea</i>
الأرز	Stilbene synthase	<i>Pyricularia oryzae</i>

والليسوزومات lysozymes وقد أمكن بالفعل تحويل البطاطس وراثيا ضد ميكروبات *Ralstonia sp.*، *Erwinia sp.* المسببة للأعفان وأيضا زيادة مقاومة الكرنب ضد *Xanthomonas* ومقاومة السبع ضد *Phytophthora* وأيضا استخدمت الجينات التى تشفر لتكوين إنزيمات مضادة للسموم البكتيرية كما فى حالة اللفحة الهالية فى الفاصوليا.

كما تمت مقاومة الفيروسات عن طريق نقل الجين المسئول عن تثليل الغلاف البروتينى الفيروسى (CP-MR) Viral coat protein mediated resistance إلى النبات مما يعيق Blocking تكاثر الفيروس فيما يعرف بالوقاية المكتسبة وهى تختلف عن الوقاية الطبيعية باستخدام سلالة ضعيفة من الفيروس (الأولى خالية من الحمض النووى بينما الثانية تحتوى عليه)، حيث يؤدى هذا الجين إلى أن يصبح النبات يمتلك القدرة على إنتاج الغلاف الخارجى للفيروسات داخليا مما يحد الجهاز المناعى للنبات على إنتاج مواد تقاوم الإصابة الفيروسية، والحماية التى توفرها تقنية جين الغلاف البروتينى لا تقتصر ضد الفيروس العائل فقط وإنما السلالات قريبة الشبه (سيرولوجيا) منه أيضا. ويوضح الجدول رقم (11) حالات التحور الوراثى لمقاومة الفيروسات بتقنية الغلاف البروتينى. وهناك تقنيات أخرى يلخصها جدول (12) بالاعتماد على جينات فيروسية غير الغلاف البروتينى مثل بروتين التضاعف أو الحركة أو شفرة رنا فيروسى عكسي أو غير عكسي ولكن معيه.

جدول (11) حالات الهندسة الوراثية لمقاومة الفيروسات التي استخدمت فيها جينات الغلاف البروتيني حتى بدايات عام ١٩٩٤ (عن Grumet ١٩٩٥)

المجموعة الفيروسية	الفيروس	اسمه المختصر	النوع الحول وراثيا
Alfalfa mosaic virus group	Alfalfa mosaic virus	AIMV	التبغ - البطاطم - البرسيم الحجازي
Carlavirus	Potato virus S	PVS	البطاطس
Cucumovirus	Cucumber mosaic virus	CMV	التبغ - الخيار - القاون
Geminivirus	Tomato yellow leaf curl virus	TYLCV	الطماطم
Ilarvirus	Tobacco streak virus	TSV	التبغ
Luteovirus	Potato leaf roll virus	PLRV	البطاطس
Nepovirus	Arabis mosaic virus	ArMV	التبغ
	Grapevine chrome mosaic virus	GCMV	التبغ
Potexvirus	Cymbidium mosaic virus	CyMV	<i>N. benthamiana</i>
	Potato virus X	PVX	التبغ - البطاطس
Potyvirus	Bean yellow mosaic virus	BYMV	<i>N. benthamian</i>
	Lettuce mosaic virus	LMV	التبغ
	Maize dwarf mosaic virus	MDMV	الذرة
	Papaya ringspot virus	PRSV	التبغ - الباباظ
	Plum pox virus	PPV	<i>N. clevelandii</i>
	Potato virus Y	PVY	البطاطس
	Soybean mosaic virus	SMV	التبغ
	Watermelon mosaic virus	WMV	<i>N. benthamiana</i>
	Zucchini yellow mosaic virus	ZYMV	- <i>N. benthamiana</i>
			القاون - التبغ
Tenuivirus	Rice stripe virus	RSV	الأرز
Tabamovirus	Tobacco mosaic virus	TMV	التبغ - البطاطم
Tobravirus	Tabacco rattle virus	TRV	التبغ
Tospovirus	Tomato spotted wilt virus	TSWV	التبغ

جدول (12) الهندسة الوراثية لمقاومة الفيروسات بالاعتماد على جينات فيروسية
أخرى غير جين الغلاف البروتيني (عن Grumet 1995)

الجين (البروتين)	المجموعة الفيروسية	الفيروس	النوع النباتي المحول وراثياً
Replicase	Cucumovirus	CMV	التبغ
	Potexvirus	PVX	التبغ
	Potyvirus	PVY	التبغ
	Tobamovirus	TMV	التبغ
	Tobravirus	[Ⓢ] PEPV	<i>Nicotiana benthamiana</i>
	Tombusvirus	[Ⓢ] CyRSV	<i>N. benthamiana</i>
بروتين الحركة	Tobamovirus	TMV	التبغ
Protease	Potyvirus	PVY	التبغ
شفرة فيروسية عكسية	Cucumovirus	CMV	التبغ
	Geminivirus	[Ⓢ] TGMV	التبغ
	Luteovirus	PLRV	البطاطس
	Potexvirus	PVX	التبغ
	Potyvirus	BYMV	<i>Nicotiana benthamiana</i>
		PVY	التبغ
		[Ⓢ] TEV	التبغ
		ZYMV	الفاوون - التبغ
	Tobamovirus	TMV	التبغ
	Tospovirus	[Ⓢ] TSWV	
شفرة غير عكسية ولكن معيبة	Potyvirus	TEV	التبغ
	Tobamovirus	TMV	التبغ
	Tospovirus	TSWV	التبغ
	Tymovirus	[Ⓢ] TYMV	لفت الزيت

١ - TGMV = tomato golden mosaic virus، و TEV = tobacco etch virus، و TSWV =
tomato spotted wilt virus، و TYMV = turnip yellow mosaic virus؛ ولأسماء
الكاملة للفيروسات الأخرى التي وردت رموزها في الجدول ..

2-2-4- المحاصيل المعدلة وراثيا لتحمل الظروف البيئية القاسية

تعرض مناطق كثيرة من العالم للظروف البيئية القاسية والتي تسبب مشاكل كبيرة لإنتاج المحاصيل ، فعلى سبيل المثال قد لا يوجد مطر كاف في منطقة ما أو درجة الحرارة قد تكون غير مناسبة مثل البرودة الشديدة أو الحرارة الشديدة وكلها ظروف غير مناسبة لنمو النباتات، وعادة ما توجد أعداد بشرية تعيش في تلك المناطق والتي يمكنها الاستفادة من قدرة تلك المنطقة على إنتاج المحاصيل المغذية، وبما أن تغيير الظروف البيئية نفسها يكون صعباً جداً؛ ولذلك فإن المتاح أمامنا هو استزراع أنواع من المحاصيل ذات القدرة العالية على التأقلم مع الظروف البيئية في المنطقة .

وقد تمكن العلماء في فترات سابقة من إحداث تطور كبير في تربية المحاصيل الموجودة، ففي السبعينيات وهي فترة عرفت باسم الثورة الخضراء؛ لأنه تمت زراعة أصناف كثيرة من المحاصيل لتحمل الظروف البيئية غير الملائمة، ولقد أحدثت الثورة الخضراء تطوراً عظيماً في كمية الإنتاج من المحاصيل والألياف وغيره من المنتجات الزراعية ولكن مع الزيادة السكانية الهائلة التي يواجهها العالم فإن كمية الإنتاج قد لا تفي باحتياجات سكان الأرض وأصبح لزاماً على العلماء أن يجدوا وسائل لزيادة كمية الغذاء حتى تتناسب مع الزيادة السكانية الهائلة .

وبالفعل قد اتخذت عدة خطوات في الاتجاه الصحيح لتوفير الجينات اللازمة لإنتاج النباتات المحورة وراثياً ففي الأجواء شديدة القسوة من العالم هناك نباتات برية تستطيع النمو والتأقلم مع تلك البيئة؛ مما يؤكد أن هذه النباتات عندها من الجينات والوسائل ما تستطيع به مقاومة تلك الظروف القاسية من الحرارة أو البرودة أو الجفاف أو الملوحة أو التربة الفقيرة أي أنه تتوفر مصادر طبيعية لتلك الجينات بوفرة في تلك المناطق .

وقد تمكن العلماء من عزل بعض جينات معينة تتحكم في قدرة النبات على مقاومة الظروف البيئية القاسية مثل الجفاف والبرودة، وأدخلت تلك الجينات إلى محاصيل لتكسيبها القدرة على المقاومة للظروف البيئية غير المناسبة فلو

تمكنا من إنتاج قمح يزرع فى المناطق الجافة أو أراضاً يتحمل ملوحة ماء البحر فإن ذلك يعتبر تقدماً هائلاً فى تغذية العشائر البشرية، وإذا تمكنا من زراعة محاصيل بنصف كمية الماء التى تستخدمها فإن ذلك يعتبر تقدماً هاماً فى الحفاظ على المصادر الطبيعية . والجدول التالى (رقم 13) يتناول حالات متنوعة من التحول الوراثى لأجل زيادة التحمل لمختلف عوامل الشد البيئى .

جدول (13) حالات متنوعة من التحول الوراثى لأجل زيادة التحمل لمختلف عوامل الشد البيئى

النبات المحول وراثياً	الجين المستعمل	المركب المعبر عنه	حالة التحمل
التبغ	Mannitol 1-phosphate dehydrogenase (<i>mld</i>) from <i>E. coli</i>	Mannitol	الملوحة
<i>Arabidopsis</i>	<i>Mld</i> from <i>E. coli</i>	Mannitol	الملوحة
التبغ	<i>SacB</i> from <i>Bacillus subtilis</i>	Fructan	الجفاف
التبغ	TPS1 subunit encoding trehalose synthase from <i>E. coli</i>	Trehalose	الجفاف
التبغ	γ -Pyrroline-5-carboxylate synthetase	Proline	الشد الأسموزى
الأرز	Barley <i>lea</i> gene (<i>HVA1</i>)	LEA	الجفاف والملوحة
التبغ	<i>BetA</i> from <i>E. coli</i> encoding choline dehydrogenase	Glycine betaine	الملوحة
الأرز	<i>CodA</i> from <i>Arthrobacter globiformis</i> encoding choline oxidase	Glycine betaine	الملوحة
<i>Arabidopsis thaliana</i>	<i>CodA</i> from <i>Arthrobacter globiformis</i> encoding choline oxidase	Glycine betaine	الملوحة والجبرودة

2-3- النباتات الصيدلانية Pharming Plants

استخدمت النباتات الطبية والعطرية منذ القدم كمصدر أساسى لإنتاج العقاقير الطبية سواء كان ذلك بالطرق التقليدية فى حياة الإنسان البدائية ثم مع تطور أساليب الحياة اختلف غمط وأسلوب استخلاص تلك المركبات الدوائية، ولقد أوضحت التجارب العلمية العديد من الحقائق حول محتوى تلك النباتات والأعشاب الطبية البرية من مركبات ذات فائدة جمة تستخدم فى علاج العديد من الأمراض .

فى العصر الحديث وما به من تقدم علمي ملموس فى مجال الهندسة الوراثية ومناسبة الجينات بين مختلف الكائنات الحية- أصبح بالإمكان إنتاج نباتات مهندسة وراثياً تحمل جينات آدمية أو ميكروبية أو حتى حيوانية، وذلك بغرض إنتاج العديد من العقاقير الطبية ذات الفائدة الطبية المتميزة فى علاج العديد من الأمراض، وفى هذه الحالة سيصبح فى الإمكان تناول بعض من ثمار الفاكهة أو بعض الخضروات الصيدلانية والمهندسة وراثياً بدلاً من تناول العقاقير الطبية بالطرق التقليدية أو بالحقن.

كما يمكن استخدام النباتات المهندسة وراثياً كمصانع صيدلانية لإنتاج الأدوية، وبالتأكيد فإن ذلك يكون قليل التكاليف مقارنة بمصانع الأدوية الأخرى لأنه لا يوجد بنية أساسية للمصانع، وكذلك لا تستخدم المعدات المعقدة التركيب كما هو الحال فى كافة العمليات البيوتكنولوجية التى تقوم على استخدام الخلايا الميكروبية كعناصر حيوية أولية أو حتى استخدام مزارع الخطوط الخلوية الحيوانية التى تتطلب الكثير من الاحتياطات والتركيبات المعقدة، بل إن إنتاج الأجنة المهندسة وراثياً يتطلب قدراً من الوقت حتى يصبح الجنين قادراً على إدرار اللبن وما يحتويه من إفرازات صيدلانية، من أجل هذا أو ذاك بات استخدام النباتات المهندسة وراثياً أسهل وأيسر بكثير فى إنتاج العديد من العقاقير الطبية المختلفة مثل الأجسام المضادة (جدول 14) وأيضا اللقاحات (جدول 15).

جدول (14) أمثلة لبعض أنواع الأجسام المضادة التى يمكن إنتاجها فى النباتات

Signal sequence	الجسم المضاد	النبات	التطبيق
Immunoglobulins:			
Murine IgG	slg A (hybrid)	التبغ	<i>S. mutans</i> SA I/II (dental cavities)
Murine IgG	IgG (guy's 13)	التبغ	<i>S. mutans</i> SA I/II (dental cavities)
Murine IgG/KDEL	IgG Co17-1A	التبغ	Surface antigen (colon cancer)
Tobacco extensin	IgG (anti HSV-2)	فول الصويا	Herpes simplex virus
Single-chain Fv:			
Rice α -amylase	scFv (38C13)	التبغ	Lymphoma
Murine IgG/KDEL	scFv T84.66	الحيوب	Carcinoembryonic antigen (cancer)

جدول (15) امثلة لبعض اللقاحات التي امكن إنتاجها في النباتات

المصدر	البروتين المُعبر عنه	النبات	مستوى الإنتاج
لقاحات للإنسان			
<i>Escherichia coli</i>	Heat-labile enterotoxin B	التبغ	0.001% SLP
<i>Vibrio cholerae</i>	Cholera CtxA and CtxB subunits	البطاطس	0.3% TSP
Hepatitis B	Envelope surface protein	التبغ والبطاطس	<0.1% FW
Norwalk virus	Capsid protein	التبغ والبطاطس	0.23%/0.37% TSP
<i>Rabies virus</i>	<i>Rabies virus</i> glycoprotein	الطماطم	1% TSP
لقاحات للإنسان			
Foot and mouth virus	Virus epitope VP1	البرسيم الحجازي و <i>Arabidopsis</i>	N/A
Porcine coronavirus	Viral glycoprotein	التبغ والذرة	0.2% TSP/0.01% FW
Mink enteritis virus	Viral epitope VP2	الفاصوليا	N/A (CPMV)
Canine parvovirus	Peptide from VP2 capsid protein	<i>Arabidopsis</i>	3% SLP

وسوف نذكر بإيجاز المراحل المختلفة لإنتاج أى عقار داخل النبات على النحو التالي:

1 - تحديد أهم العقاقير الطبية الأكثر استخداماً لدى المرضى والأكثر ارتفاعاً فى الأسعار.

2 - تحديد الجين المسئول عن التحكم فى إنتاج العقار المستخدم بكثرة فى علاج المرضى سواء كان ذلك الجين داخل كائنات أولية أو كائنات راقية.

3 - عزل ذلك الجين باستخدام إنزيمات القطع المتخصصة.

4 - تحميل (إدخال = إلاج) ذلك الجين فى الناقل المناسب وهو عبارة عن بلازميد أو فيروس يستطيع حمل ذلك الجين الوراثي، ويلاحظ أن ذلك الناقل يحتوى على جين واسم (دليلي).

- 5 - إيلاج ذلك الناقل وما به من جين مطلوب داخل خلية نباتية فردية .
- 6 - اختبار الخلية النباتية المهندسة وراثياً من خلال الجين الواسم سواء كان ذلك من خلال اللون أو من خلال المقاومة للمضادات الحيوية .
- 7 - تنمية ذلك النبات حتى يصل إلى طور النضج وإنتاج الثمار (موز - تفاح - خوخ - مشمش) المحتوية على إنتاجية الجين البروتينية الممثلة للعقاقير الطبية .
- 8 - عند تناول تلك الثمار فإنها تؤدي الغرض المطلوب من الناحية العلاجية .

مميزات النباتات الصيدلانية

- * يمكن حفظ هذه الثمار على درجات الحرارة العادية، ولا يحتاج ذلك إلى درجات الحرارة المنخفضة (الثلاجات) .
- * تتمشى هذه الطريقة مع ميول الأطفال عند تلقى العلاج، فهم يقبلون على تناول تلك الثمار الصيدلانية الحلوة المذاق الجذابة اللون ولا يقبلون على تناول الكبسولات أو تعاطى الحقن .
- * يمكن تناول هذه الثمار طازجة وبطريقة مباشرة بما يضمن عدم حدوث أى تغيرات غير مرغوبة، كذلك دون الحاجة إلى إجراء أى عمليات حرارية أو معاملات كيميائية .
- * يمكن أيضاً إدخال الجينات المخرسة (الموقفة) لغيرها من الجينات الضارة، وقد تم إنتاج أول نبات محور وراثياً وتم عرضه فى السوق (أيضاً فى U.S.A) عام 1994 عبارة عن ثمار طماطم صنف Flavor Saver يمكنها أن تبقى قاسية عدة أسابيع بعد قطفها .
- * وسيلة لإنتاج عدد كبير من الهرمونات والمضادات الحيوية والفيتامينات والانزيمات والعديد من المنتجات الصيدلانية (جدول 16) .

جدول (16) أمثلة لبعض المنتجات الصيدلانية التي أمكن إنتاجها في النباتات عن طريق التحويلات الوراثية (عن Slater وآخرين ٢٠٠٣)

البروتين المُعْبَر عنه	المصدر	النبات المحول وراثيًا	التطبيق
Protein C	الإنسان	التبغ	Anticoagulant
Hirudin	<i>Hirudo medicinalis</i>	لقت الزيت	Anticoagulant
Somatotrophin	الإنسان	التبغ	Growth hormone
β -Interferon	الإنسان	الأرز / اللت / التبغ	Treatment for hepatitis B + C
Serum albumin	الإنسان	التبغ	Burns/fluid replacement, etc.
Haemoglobin - α and - β	الإنسان	التبغ	Blood substitute
Homotrimeric collagen	الإنسان	التبغ	Collagen
α_1 -Antitrypsin	الإنسان	الأرز	Cystic fibrosis, haemorrhages
Aprotinin (trypsin inhibitor)	الإنسان	الذرة	Transplant surgery
Lactoferrin	الإنسان	البطاطس	Antimicrobial
ACE	الإنسان	التبغ / الطماطم	Hypertension
Enkephalin	الإنسان	لقت <i>Arabidopsis</i>	Opiate
Trichosanthin -a		الزيت	
	<i>Trichosanthes kirilowii</i>	التبغ	HIV therapy, cancer

4-2 النباتات الإستراتيجية

يعتبر الأرز من المحاصيل الغذائية الأساسية على مستوى العالم، وتبلغ مساحة الأراضي الزراعية المزروعة سنوياً حوالي 150 مليون هكتار، ويلاحظ أن زراعة وإنتاجية الأرز تتركز بشكل رئيس في قارة آسيا حيث تمثل المساحة المزروعة في تلك البلاد حوالي 88%، وأن أهم البلاد المنتجة للأرز هي الصين والهند وإندونيسيا وبنجلاديش واليابان وتايلاند، وهي الأعلى من حيث الكثافة السكانية على مستوى العالم؛ لذلك ليس بمستغرب أن تلك البلاد تستورد حوالي 30% من الإنتاج العالمي للأرز، أما عن قارة أفريقيا فهي لا تنتج سوى 4% من الإنتاج العالمي، بينما تستورد حوالي 29% من حجم واردات السوق العالمية بالنسبة للأرز.

وبالنسبة لعمليات التحسين وتجارب الهندسة الوراثية التى تجرى على نبات الأرز فنجد أن أهم البلاد التى تعتنى بذلك هى الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا واليابان والهند وأستراليا والصين.

أما عن تطبيقات التقنية الحيوية فنجد أن هناك العديد من التطبيقات فى هذا المجال، ولكننا سوف نتناول مثالا تطبيقيا فى حياة العديد من الشعوب وخاصة فى البلاد الفقيرة، ونخص بالذكر منطقة جنوب شرق آسيا، ففى الحياة اليومية يحتاج الإنسان للعديد من العناصر الغذائية الضرورية سواء كان ذلك كربوهيدرات، أو بروتينات، أو دهون، أو عناصر معدنية وكذلك العديد من الفيتامينات حتى يتمكن جسم الإنسان من أداء وظيفته على الوجه الأكمل. ويمكن ملاحظة ذلك فى مكونات اللوجيات الغذائية للدول المتقدمة والغنية ويمثلها بصفة عامة دول الاتحاد الأوروبى وكذلك الولايات المتحدة الأمريكية. أما فى دول العالم الثالث أو الفقيرة والتى تعتمد بصفة أساسية فى غذائها على عنصر غذائى واحد قد يتكرر فى أغلب وجباتها الغذائية كما هو الحال فى دول جنوب شرق آسيا كالفلبين، وإندونيسيا، وتايلاند، وفيتنام، وبنجلاديش وكذلك العديد من الجزر أو المناطق ذات الكثافة العالية من السكان حيث يكون الأرز هو الوجبة الغذائية الرئيسة فى حياة تلك الشعوب مما يؤدى إلى إصابة سكان تلك البلاد بالعديد من الأمراض وخاصة أمراض سوء التغذية والأنيميا والبلاجرا.

تؤكد الدراسات العلمية أن الأرز يعتبر من الأغذية العالية فى مصادر الطاقة وفى نفس الوقت يعد فقيرا جداً فى محتواه من الفيتامينات وخاصة فيتامين (أ) حيث يتم تخليق ذلك الفيتامين حيوياً داخل جسم الإنسان من مادة البيتاكاروتين التى يفتقر نبات الأرز لتواجدها. فى الجهة المقابلة نجد أن الأرز يحتوى على حامض الفيتيك الذى يرتبط بالحديد والعديد من العناصر المعدنية الأخرى مثل الماغنسيوم والكالسيوم، وبذلك يكون الحديد فى صورة مرتبطة لا تسمح له بالامتصاص بواسطة جسم الإنسان.

وبالرغم من توافر فيتامين (أ) فى كل من البيض والزبدة والجبن، وكذلك توفر عنصر الحديد فى العديد من الخضروات الورقية، إلا أننا نجد أن هذه الأغذية تعتبر غالية وصعب الحصول عليها بالنسبة لغالبية سكان دول العالم الثالث أو البلاد

الفقيرة لأنها تكون أغلى سعراً من الأرز، لذلك نجد أن هناك تفشياً لانتشار مشاكل سوء التغذية وخاصة في البلاد التي تعتمد على الأرز كغذاء رئيس في أغلب وجباتهم الغذائية.

قدم العلماء العديد من الأبحاث للتغلب على تلك المشكلة، وذلك من خلال استخدامهم لتقنيات الهندسة الوراثية بإيلاج الجين الخاص بمادة البيتاكاروتين داخل نباتات الأرز، في نفس الوقت تم القضاء على مشكلة نقص الحديد. ولقد كانت البداية في استخلاص الجين المسؤول عن تخليق مادة البيتاكاروتين من نبات النرجس البري الأصفر اللون، تلى ذلك إيجاد وسيلة النقل المناسبة لإدخال ذلك الجين إلى چينوم نبات الأرز، حتى إذا ما عبر ذلك عن نفسه نجد أن هناك حلاً لمشكلة نقص مادة البيتاكاروتين.

وللتغلب على مشكلة نقص الحديد الذي غالباً ما يكون مرتبطاً بحامض الفيتك يتم إيلاج جين يكون مسئولاً عن إفراز إنزيم يقلل من وجود حمض الفيتك مما يساهم بدرجة عالية في تواجد الحديد بصورة حرة مما يسهل من عملية امتصاصه داخل نبات الأرز.

إن الأرز المهندس وراثياً والمحتوى على جين البيتاكاروتين وكذلك الجين الآخر الذي يقلل من تواجد حمض الفيتك يكون مختلفاً في لونه عن الأرز الأبيض العادى، في أن الأرز المهندس وراثياً يكون أصفر اللون ويطلق عليه تجارياً اسم الأرز الذهبى.

ويستمر إجراء الأبحاث في مجال الهندسة الوراثية، وذلك من أجل رفع نسبة البيتاكاروتين حتى تصل إلى 20 - 40% وذلك من أجل المساهمة الفعالة في سد حاجة سكان تلك البلاد الفقيرة من نقص الخضروات والفاكهة في وجباتهم الغذائية.

كما استخدمت النباتات كمفاعلات بيولوجية لإنتاج الدهون والمركبات الكربوهيدراتية والبروتينات للأغراض الصناعية مما يزيد من أهميتها الإستراتيجية (جدول 17).

وللرجوع إلى مزيد من التفاصيل حول دور التقنيات الحيوية والهندسة الوراثية في الزراعة المعدلة يمكن الاستعانة بالمرجع الشامل للأستاذ الدكتور/ أحمد عبد المنعم حسن (2007).

جدول (17) أمثلة على استخدام النباتات كمفاعلات بيولوجية لإنتاج الدهون، والمركبات الكروموفورية، والبروتينات للأغراض الصناعية (من Slater وآخرين ٢٠٠٣)

النباتات التي حولت وراثياً	التطبيق	مصدر الجينات	المركب	ملاحظات:
لنت الزيت	Food, detergent, industrial	California bay tree (<i>Unibellularia californica</i>) - Thioesterase	Medium chain fatty acids	
التبغ	Food	Rat-desaturase	Mono-unsaturated fatty acids	
لنت الزيت، وفول الصويا	Biodegradable plastics	<i>Alcaligenes eutrophus</i>	Poly-hydroxybutyric acid	
لنت الزيت	Food, confectioneries	<i>Brevibacterium</i>	Saturated fatty acids	مواد كروموفورية:
البطاطس	Food, industrial	<i>Solanum tuberosum</i> (G8SS)	Amylase free starch	
البطاطس	Food, pharmaceutical	<i>Klebsiella pneumoniae</i> -Cyclodextrin glucosyl transferase	Cyclodextrin	
التبغ والبطاطس	Industrial, food	<i>Bacillus subtilis</i> - Fructosyl transferase	Fructans	
البطاطس	Food, industrial	<i>E. coli</i> (gfgC16)	Increased amount of starch	
التبغ	Food, stabilizer	<i>E. coli</i>	Trehalose	
<i>Nicotiana benthamiana</i>	Inhibition of HIV replication	Chinese medicinal plant	Alpha-trichosanthin	بروتينات:
التبغ والبطاطس	Anti-hypertensive effect	Milk	Angiotensin converting enzyme inhibitor	
التبغ	Various	Moose	Antibodies	
التبغ والبطاطس، والبطاطس، والقمح	Orally administered vaccines	Bacteria, viruses	Antigens	
التبغ	Subunit vaccine	Pathogens	Antigens	
لنت الزيت، و <i>Arabidopsis</i>	Opiate activity	Human	Enkephalin	
لنت الزيت	Thrombin inhibitor	Synthetic	Hirudin	

الباب الثالث

المكافحة الحيوية

Biological Control

استخدم اصطلاح المكافحة الحيوية Biological control بواسطة العالم Smith عام 1911 للتعبير عن مكافحة الآفات بواسطة مسببات الأمراض Pathogens والطفيليات Parasites والمفترسات Predators أى استخدام كافة الأعداء الطبيعية للحشرات الضارة مثل الكائنات الحية الدقيقة والمفترسات والطفيليات والطيور والديدان، وكذا استخدام المواد الجاذبة والطاردة والهرمونات فى مقاومة الآفات والحشرات والأمراض المختلفة، ونظراً لمخاطر استعمال المبيدات الكيماوية الصحية والبيئية فإن هناك اتجاهها عالميا للمكافحة الحيوية كبديل أمثل لها، بالإضافة إلى أنها اقتصادية وغير مكلفة خاصة على المدى الطويل

1-3- المبيدات الميكروبية Microbial pesticides

هى عبارة عن كائنات حية دقيقة مسببة للأمراض Pathogenic microorganisms تصيب الحشرات الضارة، وتؤدى فى النهاية إلى موت الحشرة أى مكافحة الآفة، وتبدو أهميتها كعوامل منظمة لأعداد الحشرات دون مستوى الضرر الاقتصادي.

ويرجع تأثير المبيدات الميكروبية إلى أنها:

- 1- تتداخل فى عمليات أطوار نمو الحشرات وتكاثرها، وقد تؤدى إلى موتها المباشر .
- 2- تقلل من مدى مقاومتها للتعرض للطفيليات والمفترسات .
- 3- تؤثر على مدى استجابة الحشرات لفعل المبيدات الكيماوية .

وجدير بالذكر أن المكافحة الميكروبية أو حتى الحيوية عامة لا تعتبر كافية كلياً للتخلص من الآفات، وإنما لابد من استخدام غيرها من طرق المكافحة الوقائية أو المبيدات الكيماوية ضمن منظومة متكاملة فيما يعرف بـ Pest management.

3-1-1 مسببات الأمراض في الحشرات

أولاً- البكتيريا

وتمثل أكبر مجموعة من الكائنات الدقيقة، والأنواع المستعملة هي التي تكون جراثيم مثل *Bacillus thuringiensis* (Bt) ولها القدرة على إحداث أو نقل الأمراض للعديد من الآفات الحشرية وتمتاز بسهولة الإنتاج والفاعلية في إحداث المرض وانخفاض تأثيره على الأعداء الحيوية وعدم تأثيره على الثدييات.

وقد وجد أن تناول اليرقات لجراثيم وبلوراته يعطى تأثيراً قوياً، وخاصة بالنسبة ليرقات حشرية الأجنحة التي تتغذى على أوراق النبات والتي قناتها الهضمية ذات قلوية عالية ($pH = 8.9$) حيث تقوم إنزيمات الحشرة بتحليل الجراثيم، وينطلق التوكسين السام الذي يوقف عملية الامتصاص والهضم في معدة الحشرة مما يؤدي إلى موتها، وينتج هذا المبيد البكتيري في صورة مسحوق قابل للبلل أو مسحوق تغيير، ومن أشهر مستحضراته الثورسيد، باكتوكال، باتودين، بيوسبور، البيوتورول، الباكترين، ديل، الجالفين (ريدان، عبد المجيد، 1995).

وبكتيريا *B. sphoreicus* تستخدم في مقاومة يرقات البعوض وهي لا تكون بلورات سامة داخلية ولكنها تتحلل في بلعوم اليرقة وتفرز التوكسين.

وهناك مجموعة من المبيدات الميكروبية المستخلصة من *B. popillia* أهمها مستحضرات الدوم والجابونكي، وقد نجحت في مكافحة الخنافس اليابانية عند حقنها في التربة حيث تكون بلورات سامة داخل الحشرة، وهناك بكتيريا *dendrolinus* التي تقيم حشرة الغابات المخروطية في مناطق سيبيريا الغربية ومادتها الفعالة هي مادة الأنكلورين.

وقد عزلت بكتيريا Bt. في البداية من يرقات دودة الحرير المريضة وأيضاً فراشة الدقيق (بيرلر 1911) ولكن طبيعة بلوراتها البروتينية لم تعرف إلا بعد ذلك

(هاناي 1953) أما الذى حدد وعرف دور بلورات البروتين فى إحداث المرض للحشرات بواسطة (أنجوس 1954).

وبكتيريا Bt. تحتوى على جينوم ضخم الدنا وخلال عملية التسجّر يتم الجاما إندوتوكسين بما يمثل 35% من الوزن الجاف للخلية كبلورة بروتينية. ويمكن لجراثيم Bt الثبات فى التربة لفترات طويلة قد تصل إلى 30 عاماً، والبلورة عبارة عن بروتين أولى سام ذى وزن جزيئى 130 KDa وهذا السم يذوب فى الوسط القلوى للمعى الأوسط لليرقات ويتكسر إنزيمياً الى السم الفعال 60 - 70 KDa، ويتشر السم خلال الغشاء المبطن للمعى وبالتالي تتوقف الحشرات عن التغذية، وغالبية مستحضرات بكتيريا Bt. يعتمد على تحت النوع كيرستاكى Kurstaki سلالة HD-1 وهذا المستحضر فعال ضد 100 نوع من الحشرات حرشفية الاجنحة (جدول رقم 18).

استراتيجيات تعسين منتجات بكتيريا Bt.

أ - الجين الهجن حيث قام Honee وآخرون 1990 بإيجاد جين للتوكسين يحتوى فى المناطق الطرفية التروجينية على نوعين من التوكسينات الأولية A(b)-Cry ذات الفاعلية ضد دودة براعم الدخان وأبى دقيق الكرب الكبير أيضاً Cryl-C ذات الفاعلية ضد الدودة القارضة، وقد استخدمت طريقة التشقيب (الصدمة) الكهربائية فى إدخال جينات التوكسينات غير المتجانسة فى سلالات Bt.

ب - البكتيريا المحورة وراثياً المحتوية على صفات Bt. المعروفة ب Endophytes والتي تستعمر النظام الوعائى (الداخلى) للنباتات وتعمل على إدخال التوكسين لمكان الآفة فى الداخل. وقد تم حقن بذور الذرة بالبكتيريا *Clavibacter xyli* المعدلة والمحتوية على جين Bt. لمكافحة ثاقبات الذرة الأوروبية.

وأيضاً تم تعديل بكتيريا *Pseudomonas flourescens* بإدخال البلازميد المحتوى على جين Bt. وتنميتها فى المخمر حيث تخلق الأندوتوكسين الذى يتراكم

جدول (18) تقسيم جينات البروتينات البلورية لميكتريريا *Bacillus thuringiensis*
(عن ٢٠٠٣ Chrispeels & Sadava)

عائلة ال	حجم البروتين	سلالة <i>B. thuringiensis</i>	أونحت النوع	الآفات الحساسة لها
<i>cryI Aa(1-14)</i>	133	kurstaki	حرفلية الأجنحة	
<i>cryI Ab(1-16)</i>	130	berliner	حرفلية الأجنحة	
<i>cryI Ac(1-15)</i>	133	kurstaki	حرفلية الأجنحة	
<i>cryI Ad-g</i>	133	alzawai	حرفلية الأجنحة	
<i>cryI Ba(1-4)</i>	140	kurstaki	حرفلية الأجنحة	
<i>cryI Bb-g</i>	1340	EG5847	حرفلية الأجنحة	
<i>cryI Ca(1-8)</i>	134	entomocidus	حرفلية الأجنحة	
<i>cryI Cb(1-2)</i>	133	galleriae	حرفلية الأجنحة	
<i>cryI Da(1-2)</i>	132	alzawai	حرفلية الأجنحة	
<i>cryI Db(1-2)</i>	131	BTS00349A	حرفلية الأجنحة	
<i>cryI Ea(1-6)</i>	133	kenyae	حرفلية الأجنحة	
<i>cryI Eb1</i>	134	alzawai	حرفلية الأجنحة	
<i>cryI Fa(1-2)</i>	134	alzawai	حرفلية الأجنحة	
<i>cryI Fb(1-5)</i>	132	Morrisoni		
<i>cryI Ga(1-2)</i>	132	BTS00349A		
<i>cryI Gb(1-2)</i>	133	wuhanensis	حرفلية الأجنحة	
<i>cryI Ha-b</i>	133	BTS02069AA		
<i>cryIIa(1-9)</i>	81	kurstaki	حرفلية الأجنحة	
<i>cryIIb-e</i>	81	entomocidus	حرفلية الأجنحة وغمدية الأجنحة	
<i>cryIIa-d</i>	133	EG5847	حرفلية الأجنحة	
<i>cryIKa1</i>	137	morrisoni	حرفلية الأجنحة	
<i>cry2Aa(1-10)</i>	71	kurstaki	حرفلية الأجنحة وثنائية الأجنحة	
<i>Cry2Ab(1-5)</i>	71	kurstaki	حرفلية الأجنحة	
<i>cry2Ac(1-2)</i>	70	shanghai	حرفلية الأجنحة	
<i>cry3Aa(1-7)</i>	73	tenebrionis	غمدية الأجنحة	
<i>cry3Ba(1-2)</i>	75	tolworthi	غمدية الأجنحة	
<i>Cry3Bb(1-3)</i>	74	EG4961	غمدية الأجنحة	
<i>cry3Ca1</i>	73	kurstaki	غمدية الأجنحة	

كبلورات ويصل الى 10-20% من البروتين الكلى للخلايا، وفي نهاية التنمية يتم حصاد الخلايا البكتيرية المعدلة ويبقى التوكسين محميا داخل العائل.

ج - مكافحة الحشرات داخل التربة وذلك بعزل الميكروبات المرتبطة بجذور النبات (منطقة الريزوسفير) وتحورها بإدخال جينات الإندوتوكسين لبكتيريا Bt. ثم إرسال التوكسين إلى داخل التربة مثال ذلك جذور الذرة مع ميكروب *Pseudomonas* المعدل والمحتوى على جين CryIA (b) (Obvkwicz، 1987). كما أمكن حماية نبات البسلة باستخدام بكتيريا العقد الجذرية *Bradyrhizobium* المعدلة وراثياً بإدخال جين CryI VD لإنتاج إندوتوكسين لبكتيريا Bt. لمقاومة يرقات الحشرات ثنائية الأجنحة حيث تقلل الإصابة بمقدار 40%.

وجدير بالذكر أنه قد ظهرت حالات قليلة من تكيف ومقاومة الحشرات لبكتيريا Bt. بعد استخدامها في الحقل 30 سنة مثل زيادة 42 مرة في مقاومة حشرة فراشة الدقيق الهندية للمستحضر البكتيري ديل عند مقارنتها بالسلالات الحلقية لنفس الحشرة، وما يثير الدهشة أن مقاومة الحشرة لبكتيريا Bt. قد نقصت عند إيقاف المعاملة بالمبيدات الحشرية .

ثانياً - الفطريات

تستخدم في مكافحة الآفات خاصة في المناطق المرتفعة الرطوبة، حيث تساعد الرطوبة في إنبات جراثيم الفطر، ومن أكثرها استخداماً البيوفيرين والبيوثرول وهما من فطر *Beauveria bassiana* إما في صورة مسحوق أو سائل للرش، وقد نجحت في مكافحة حفار ساق الذرة الأوروبي وخنفساء بطاطس الكلورادو.

وتنتقل العدوى بالملاسمة حيث تنمو جراثيم الفطر على سطح الآفة وتخرق الهيئات جدار الجسم لتصل إلى داخله، ويساعد وجود الثغور أو الجروح على جسم الحشرة في إحداث الإصابة. وحديثاً أظهر فطر *Verticillium lecani* كفاءة عالية كمبيد للمن خاصة تحت ظروف الصوب الزجاجية التي تتميز بالرطوبة

المرتفعة، وهناك فطريات تستخدم بنجاح في مقاومة الحشائش مثل فطر *Puccinia chondrillina* وفطر *Cercospora rodmanii* لمقاومة حشيشة بنت الماء.

ويستخدم حالياً 20 نوعاً من الفطريات في مكافحة الآفات الحشرية ويتبع معظمهم عائلة الفطريات الناقصة مثال *Beauveria bassiana* السابق ذكره، وفطر *Beauveria metazereum* الذى يقاوم عدد من الحشرات حرشية الأجنحة وحفارات الأنفاق. وفطر *B. brongniarti* وتقاوم حشرة الخنافس البيضاء وكذا الفطر *M. anisopliae* لمكافحة حشرة خنافس النخيل في جزر الباسيفيك وجنوب شرق آسيا، وقد ثبت أيضاً كفاءة الفطر في مقاومة آفات التربة وليس فقط الحشرات التي تصيب الأسطح النباتية ومثالها حشرة المراعى *A. tasmaniae* والنمل الأبيض في أستراليا وخنافس العنب السوداء في أوروبا، وقد استخدم فطر *Verticillium lecauii* في أوروبا لمكافحة المن والذباب الأبيض في الصوب الزراعية وأيضاً مكافحة حشرة دوماش النخيل *Ommatissus lybicus*.

ويستخدم الطفيل المحلى *Telenomus* sp. حديثاً في مكافحة الحيوية لفراشة ثمار الرمان *Virachela livia* وتزداد نسب التطفل على بيض الآفة خلال أشهر الصيف ليصل إلى 100% في أوائل شهر يونيو ثم تنخفض تدريجياً، هذا بجانب المكافحة الميكانيكية لإزالة البيض من على الثمار إما يدوياً بواسطة الطرق المعروفة أو تكتيس الثمار باستخدام أكياس شبكية مثقبة لمنع الفراشة من وضع بيضها على الثمار.

مشاكل استخدام الفطريات الممرضة للحشرات كمبيدات حيوية

1- متوسط درجة الحرارة المناسبة للفطريات الممرضة للحشرات يتراوح من 15-25 °م بينما درجة حرارة الصوب أعلى من 35 °م؛ ولذا فهي عامل محدد لنمو الفطر الخضرى.

2- الرطوبة النسبية تؤثر على إنبات الجراثيم الفطرية ونمو الكونيدات مثال فطر *M. anisopliae* تتوقف عن الإنبات عند رطوبة نسبية أعلى من 94% مما يفقد الفطريات المستخدمة فعاليتها في مكافحة الحشرة.

3 - الأشعة فوق البنفسجية التي تؤثر بالسلب على فاعلية السلالات الفطرية

كيفية تحسين فاعلية الفطريات الممرضة للحشرات

1 - دمج جنس أو باراجنس لتبادل الصفات الوراثية المناسبة ما بين السلالات الفطرية، وهنا قد يفيد التهجين عبر الدورة الجنسية مع بعض الفطريات، ولكن البعض الآخر مثل *M. anisopliae* & *B. bassiana* ليس لهما دورات جنسية؛ لذا فإن البديل هو الدمج خلال الدورة الباراجنسية حيث تتكون كاريونات غير متجانسة انتقالية من خلال الاندماج البروتوبلازمي والاثوية المزدوجة غير ثابتة حيث تنكسر إلى أنوية وحيدة ثابتة من خلال فقد الكروموسوم أثناء الانقسام الميوزي، مما يؤدي إلى تكون طفرات ذات معدلات تفرثم مختلفة.

2 - استخدام الهندسة الوراثية لتحويل الممرضات الفطرية للحشرات، وهذا يتطلب إدخال دنا خارجي في جينوم الفطر يحمل صفات مسئولة عن إنتاج إنزيمات مثل الكيتيناز أو بعض التوكسينات.

وقد تم تقييم تأثير 3 مركبات آمنة صديقة للبيئة هي:

1 - مستخلص النيم (الشريشتين) Azadirachtin

2 - مانع الانسلاخ Buprofezin

3 - المبيد الفطري *Verticillium lecanii*

وذلك مقارنة بالمبيد الحشري الدلتامثرين Deltamethrin وأوضحت النتائج

أن نسبة الخفض في الإصابة بعد 5 أيام من المعاملة بلغت 12.3%، 46.7%، 32.1%، 50.5% على الترتيب وبعد 7 أيام من المعاملة ارتفعت مقارنة بانخفاض في المبيد الحشري حيث وصلت إلى 19.4%، 45.3%، 37.8%، 47.2% على الترتيب (زيدان، 2003).

ثالثاً - الفيروسات

انتشر استخدامها مؤخراً في مكافحة الميكروبية، وأهم أنواعها فيروسات الباكولو Baculoviruses (جينوم دائري الدنا) وفيروسات البوكسي (جينوم خطي

الدنا) وفيروسات البيكورنا (جينوم رنا فردى الشريط)، ومن أشهر مستحضرات الفيروسات فى مكافحة الآفات الفيريكس والفايرون، وتستخدم رشاً فى صورة معلق لمكافحة الأطوار غير الكاملة لدودة ورق القطن (خاصة الطور اليرقى) وتحدث العدوى عن طريق التغذية بغذاء ملوث بجزيئات أو بلورات الفيروس. وتظهر الحشرات المصابة بوجود جزيئات متبلورة للفيروس وتشاهد يرقات دودة ورق القطن المصابة بالفيروس معلقة من أرجلها الخلفية ورأسها لأسفل، وتنفجر عند لمسها، ويخرج منها سائل مصفر ذو رائحة كريهة مما يساعد على انتشار المرض الفيروسي (المفيد)، ومستحضر فيرويدات يستخدم لمقاومة فراشة درنات البطاطس كما يستخدم فيروس *Smithiavirus pityocampae* فى مكافحة حشرة جرار الصنوبر.

والفيروسات على خلاف البكتيريا والفطريات هى طفيليات إجبارية لأنها تعتمد على توفر خلايا العائل المناسبة لتكاثرها، ويوجد أكثر من 700 نوع من الحشرات التى تصاب بالأمراض الفيروسية وتتبع هذه الفيروسات مجموعتان رئيستان هما الفيروسات الحبيسة (المحتواة) والفيروسات الحرة.

ومن أهم الفيروسات المحتواة الباكولوفيروسات التى تصيب ديدان الحرير وأكثر من 60 نوعاً من الحشرات التابعة لرتب حرشفية الأجنحة وغشائية الأجنحة وثنائية الأجنحة وتحتوى دنا كبيراً مزدوجاً دائرياً (80 - 500 كيلوباز)، وتقسم إلى أبوباكولوفيرين وتشتمل فيروسات البولى هيدروزيس النووية NPV والفيروسات المحببة GV والثانى النودوباكولوفيرين الماصة وهى أقل انتشاراً. والتركيب الخاص لأفراد الأيوباكولوفيرين ينعكس على كيفية تضاعفها فى يرقات الحشرات حيث أجسام الامتصاص فى NPVs والحبيبات فى GVs تهضم بواسطة يرقات الحشرات فى الوسط عالى القلوية فى المعى الأوسط للحشرات ويذوب بروتين جسم الامتصاص ويلحم غشاء الليبوبروتين المحيط بالفيروس مع غشاء بلازما خلايا جدار الخلية ويطلق النيوكليوكابسيدات فى السيتوبلازم التى تنقل دنا الفيروس الى نواة الخلية، ومن هنا يبدأ التعبير الجنى للفيروس فى ثلاث مراحل متميزة:

المرحلة الأولى: المرحلة المبكرة حيث ترتبط منتجات جين الفيروس مع التنشيط الانتقالي لجينات فيروسات أخرى معطية تضاعفاً في دنا الفيروس ثم بعد ست ساعات من العدوى يبدأ التعبير الجيني المتأخر ويؤدي إلى إنتاج بروتينات ذات تراكيب متفاوتة ترتبط مع تكوين النيوكلوكبسيدات، وتتراكم إنزيمات الرنا المقاوم ألفا أمانتين.

المرحلة الثانية: بعد 12 ساعة من العدوى يحدث خروج لنيوكلوكبسيدات نسل الفيروس من الأنوية وتنغرس في غشاء البلازما للخلايا المصابة ويستمر تضاعف الفيروس في خلايا معدة الحشرة وتدخل الطور المتأخر جداً في التعبير عن جين الفيروس بعد 18 ساعة من العدوى.

المرحلة الثالثة: تستخدم الباكولوفيروسات في مكافحة دودة فول الصويا القطيفة في البرازيل وسوسة النخيل في الباسفيك (Bedford,1980).

أما الفيروسات الحرة فتوجد طليقة في السيتوبلازم أو النواة وتضم الفيروسات القزحية IV والمكثفة DNV والبيكورونا PCV ويتم إنتاج المستحضرات الفيروسية تجارياً في صورة مساحيق يجري مزجها بالماء وتستخدم رشاً بواسطة آلات العادية وتنقل الفيروسات إلى الحشرات غالباً عن طريق الفم أو الفتحات التنفسية

وابها - البروتوزوا

تقع معظم البروتوزوا الممرضة للحشرات في صف الميكروسبورا Class: Microspora الذي يتبعه جنس النوزيما، ومن أهم أنواعها *Nosema bombycis* الذي يصيب ديدان الحرير التوتية ونوع *Nosema apis* الذي يصيب نحل العسل والنوع *N.destructor* الذي يصيب فراشة درنات البطاطس، بينما تصيب بروتوزوا *pyrausta Pereazia* حفار ساق الذرة الأوروبي وكل من

P.legeri & *P.pieris* دودة الكرنب. أما نيماتودا *Heterophubditis sp.* (الاسم التجارى بيونيما) فهى تستهدف سوسة النخيل الحمراء وحفار ساق التفاح وساق العجوز وأنواع الجعال. وعموما تتشابه أعراض الإصابة بالبروتوزوا مع غيرها من الممرضات الحشرية مثل الخمول وفقدان الشهية وتوقف الانسلاخ وصغر حجم الحشرة وتلون براز الحشرة بلون أبيض ويعيب البروتوزوا بطء التأثير وظهور أعراض الإصابة بعد فترات طويلة على الحشرات البالغة، وعليه يوصى باستخدامها فى برامج مكافحة طويلة الأمد.

1-2- الصفات المطلوب توافرها فى مسببات الأمراض (الميكروبات)

1- نوع السلالة

وتلعب دوراً هاماً فى البكتيريا والفطر وبشكل محدود فى الفيروس والبروتوزوا، وأكثر السلالات البكتيرية كفاءة *B. thuringiensis* عند مقارنتها بـ *B. cereus* ويرجع ذلك إلى تكوين بلورات سامة والقدرة على إحداث المرض للحشرات. وقد تم اكتشاف عدة أصناف Varieties من *B. thuringiensis* جميعها قادرة على تكوين البلورات ولكنها تختلف على إحداث المرض، أما *B. cereus* فقد عزل منها 12 صنفاً وتعتمد قدرتها على إحداث المرض على مدى إنتاجها لإنزيم Lecithinase.

2- القدرة على إحداث المرض

وهى ترتبط بقدرة الميكروب على غزو وإحداث الضرر للنسيج أو العضو المستهدف فى العائل، وقد يحدث المرض دون النفاذ إلى الدم، ويمكن قياس القدرة على إحداث المرض كماً بالتقييم الحيوى بالإنزيمات مثل البروتينيز أو حساب مدى الفقد فى وزن العذارى أو مدى الخلل فى التبادل الغازى (كما فى الفطريات).

3- التوكسينات

وهى نواتج إفراز الميكروبات وتستخدم مباشرة فى مكافحة الميكروبية وأشهرها:

أ - التوكسينات البلورية (Endotoxin) Crystal Toxin معقد وصعب تخليقه ويحدث تغييراً في حموضة دم الحشرة يؤدي إلى الشلل العام يعقبه الموت في خلال 1-7 ساعات.

ب- التوكسينات المتحملة للحرارة العالية (Exotoxin) Thermostable toxin يؤثر على الحشرات ذات الجناحين مثل توكسين الذباب Fly Toxin.

ج- إنزيم Lecithinase (Phospholipase).

د - إنزيم البروتينيز

4- الثبات

ويقصد به طول فترة الحياة والاحتفاظ بالحيوية والقدرة على إحداث المرض مع ظروف التخزين، وهذا ينطبق على جراثيم البكتيريا أو بلورات الفيروسات، ويمكن حفظها في الثلاجة أو مجمدة. وتلعب الظروف البيئية بالحقل - مثل الجفاف والإشعاع الشمسي والحرارة - دوراً في الثبات الميكروبي.

5- الانتشار

إما بالرش أو التعفير أو الطائفة، ويراعى حموضة المحلول تكون قريبة من التعادل وتجنب درجات الحرارة العالية، وتساعد الرياح والأمطار في سرعة الانتشار.

6- طرق نقل العدوى

النفاذ إلى دم الحشرة (البلورات، التوكسين) وغالباً عن طريق القناة الهضمية؛ ولذا تتفاعل الميكروبات مع غذاء الآفة أو عن طريق الجروح أو الحدوش خلال الجلد مثل الفطريات أو بمساعدة الطفيليات كناقلات.

7- تعمل الظروف البيئية

- المعاملة ذات المدى القصير تتأثر بالعوامل الجوية مثل الأمطار والرياح وأشعة الشمس.

- المعاملة ذات المدة الطويل نادراً ما تتأثر بالجو، ولكن تتأثر بالقدرة على إحداث المرض، ووسيلة النقل، وتعدد صفات الميكروب.

الاعتبارات الواجب مراعاتها فى المكافحة الحيوية

1 - المعرفة بالخواص الحيوية والبيئية وسلوك الحشرة لتحديد أصلح توقيت لاستخدام الميكروب لزيادة الفاعلية.

2 - مدى احتفاظ الكائن بصفاته وقدرته على إحداث المرض من وقت التجهيز حتى المعاملة.

3 - تجهيز الكائنات فى صورة جراثيم لتحمل الظروف الصعبة.

4 - طريقة التوزيع لضمان وصول كمية ثابتة ومنتظمة من الميكروب تسبب موت الآفة.

5 - دراسة الظروف البيئية المختلفة.

3-1-3 إمكانية نجاح المكافحة الميكروبية

- المستحضرات الميكروبية تتميز بأنها غير ضارة بالإنسان أو الحيوان وانخفاض أثرها على النبات.

- ذات درجة عالية من التخصص فلا تصيب الحشرات النافعة.

- يمكن خلطها مع المبيدات الحديثة مما يزيد من فعالية المبيد.

- سهولة الإنتاج وانخفاض التكاليف.

- قابلية التخزين لفترات طويلة.

- عدم ظهور سلالات مقاومة من الآفة ضد المرض حتى الآن.

الصعوبات التى تواجه استخدام الميكروبات

1 - مناسبة الظروف الجوية مثل الفطريات التى تحتاج 10% رطوبة على الأقل.

2 - التخصص الشديد، فهي تعطى مجالاً محدوداً من المكافحة (المدى العوائلي).

3 - دقة التوقيت عند الاستخدام مع فترة حضانة المرض.

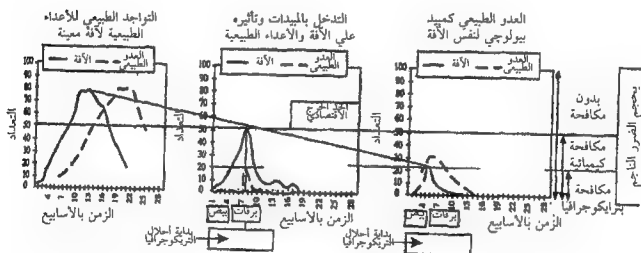
4 - فقد الحيوية عند التخزين وبالأذات الفطريات.

5 - الحماية من الأشعة فوق البنفسجية للشمس.

6 - إضافة منبهات التغذية مثل المولاس لزيادة فعالية الميكروب.

7 - عدم الفاعلية في مكافحة الآفات التي تتغذى داخلياً أو على الجذور.

ويوضح الشكل التالي (رقم 3) أهمية استخدام المكافحة الميكروبية في الضبط البيولوجي للآفات بالقدر الذي تكون معه الكثافة العددية للآفات أقل من مستوى الضرر الاقتصادي، حيث إن الأعداء الطبيعية يتأخر رد فعلها مقابل الآفة، بينما يسبق أو يتزامن رد فعل المبيد البيولوجي نحو الآفة مما يساعد في تقليل الضرر الاقتصادي المسببة له.



شكل (3) المكافحة الميكروبية والضبط البيولوجي لدودة اللوز

2-3- المفترسات والطفيليات الحشرية

وهي أنواع من الحشرات تمتلك القدرة على افتراس أو التطفل على الحشرات الضارة وقد حصرها توفيق (1993) والزيمتي (2003) فيما يلي:

- حشرات عائلة أبى العيد Coccinellidae التى تحتوى على حوالى 3000 نوع معظمها تفترس الحشرات وبعضها يتغذى على المن أو البق الدقيقى . ومن أشهرها حشرة *Cryptognatha nodeceps* التى استخدمت فى جزر فيجي تجاه مقاومة حشرات النخيل القشرية وحشرة *Cryptolaemus montrouzieri* التى استخدمت ضد البق الدقيقى فى كاليفورنيا بالولايات المتحدة .
- حشرات عائلة أسد المن Chrysopidae التى تتغذى على حشرات المن والحشرات القشرية مثل *C. cornea* , *C. plorabunda* .
- الخنافس مثل خنفساء الفيداليا *Rodalia cordinalis* ضد البق الدقيقى وخنفساء *Brumus octosignata* ضد سوسة ورق البرسيم والمن على القطن بروسيا .
- البق المفترس *Paratriphles laeviusculus* واستخدم ضد دودة براعم التبغ التى تصيب القطن فى بيرو .
- الهاموش *Aphidoltes aphidimyza* ويستخدم فى مقاومة المن فى البيوت المحمية .
- المتطفلات حيث تستطيع أنواع عديدة من الحشرات التطفل على المن مثل حشرة *Aphidius simithi* التى نجحت فى السيطرة على حشرة *A. pisum* فى أمريكا الشمالية وحشرة *Aphelinus asychis* التى تستخدم تجاه أنواع المن بالزراعات المحمية وحشرة *Aplytis aelimus* المستخدم ضد الحشرة القشرية الحمراء فى بلدان حوض البحر المتوسط .
- الحشرات الصيادة كما اشتهرت بها حشرات عائلة Braconidae ومنها *glomeratus* *Apanteles* المستخدم ضد أبى دقيق الكرنب وحشرة *A. sesamiae* ضد الثاقبات وحشرات عائلة Trichogrammatidae التى تستخدم لمكافحة الحشرات الليلية فى محاصيل الخضر وأشجار الفاكهة والنجليات .

- الحلم (الأكاروسات) حيث اكتشف أكثر من 30 نوعاً من المفترسة أو المتطفلة على الحشرات ينتمى معظمها إلى تحت رتبة ذات الثغر الأمامى وذات الثغر المتوسط، ومن أهم الحشرات التى تهاجمها الحشرات القشرية على أشجار الفاكهة والنخيل والخضر والذباب الأبيض وقمل الكتب.

- النيما تودا حيث وجد أن بعض الأنواع التابعة لجنس *Steinernematidae* لها القدرة على إدخال البكتيريا الممرضة المصاحبة لها فى جسم العائل الحشرى مما يؤدي لقتله سريعاً وتجرب حديثاً فى مكافحة سوسة النخيل الحمراء، ومن أوضح الأمثلة التى يمكن ذكرها فى هذا المجال: الاستفادة بنيماتودا *S. glaseri* فى مكافحة الخنافس اليابانية واستخدام الأنواع التابعة لجنس *Delanddenus* sp. فى مكافحة ناخرات الأخشاب.

و حالياً تقوم العديد من الشركات العالمية بإكتار وتربية معظم الأنواع السابقة وتسويقها تجارياً بغرض استخدامها فى أغراض مكافحة الحيوية.

3.3 الجاذبات الجنسية (الفرمونات) Sex phermones

الفرمونات هي مجموعة من المركبات العضوية الطيارة التي تطلقها أفراد بعض الحيوانات أو الحشرات من نوع ما، فتتعرف عليها أو تستجيب لها إما إيجاباً أو سلباً أعضاء الحس والذوق لأفراد نفس النوع أى أنها شفرات حسية بيوكيميائية يتفاهم بها أفراد النوع الواحد، ويختلف الفرمون عن الهرمون حيث إن الأول إنتاجه خارجي، أما الثاني فإنتاجه داخلي فى الدم وينتقل الفرمون عن طريق الجو وأحياناً عن طريق الماء أو التربة.

ومن الفرمونات ما هو للإنذار والتحذير تفرزه الحشرة بغرض التنبيه لوجود خطر ما، أو فرمونات للتجمع للغذاء أو بقصد التوجيه (اقتفاء الأثر) كما فى النمل والنحل، أو فرمونات لحفظ النظام كالذى تفرزه الملكة لحفظ النظام فى خلية النحل أو النوع الأهم هو فرمونات الجذب الجنسي وتفرز من أحد الجنسين (الذكر أو الأنثى) لجذب الطرف الآخر من نفس النوع للتزاوج، وهذا ما يعرف بالجاذب الجنسي ويستخدم فى برامج مكافحة، وفى معظم الأحوال تقوم الأنثى القابلة للتلقيح بإطلاق الفرمون أو الرائحة التي تجذب الذكور إليها.

ولقد أمكن حديثاً معرفة وتحديد التركيب البنائى وكيفية تخليق وتصنيع أهم
الفرمونات التى تفرزها إناث عدد كبير من الحشرات وخاصة ذات الأهمية
الاقتصادية، وذلك لتحقيق الأهداف التالية:

- جمع أكبر عدد من ذكور الآفة فى مصائد بتصميم ملائم تُوزع فى مناطق
انتشار الآفة لخفض فرص التزاوج وبالتالي تنخفض الإصابة .

- توزيع الفرمون المصنع فى مناطق الإصابة على نطاق واسع وبكثافة معينة
بحيث يصعب على الذكور تمييز الفرمون الطبيعى للأنثى وبالتالي لا تتجه
الذكور نحو الإناث ولا يتم التلقيح فيما يعرف بإعاقة التزاوج أو التشتت
وتؤثر عدة عوامل على كفاءة الفرمون المصنع مثل مدى ثبات المركب -
معدل تطايره - سهولة تحضيره - رخص ثمنه - مدى مشابهته للفرمون
الأصلى .

كما أن هناك عوامل فسيولوجية وبيئية تؤثر على سلوك الحشرات تجاه
الجاذب الجنسي (الفرمون) منها:

- 1- درجة الحرارة المنخفضة تساعد على نشاط الحشرة للتزاوج .
- 2- شدة الإصابة تؤدي لقلة الاستجابة للجنس .
- 3- سرعة الهواء .
- 4- وقت الإفراز، حيث الظلام يكثر من إفراز الهرمونة .
- 5 - العمر، فالإفراز يبدأ من اليوم الأول وتصل قمته فى اليوم الثالث .
- 6 - تعداد الحشرات، حيث يزداد الإفراز فى الحالة الفردية عنه فى وجود
الحالة الجماعية .

ومن ناحية أخرى تتميز الفرمونات فى مكافحة الآفات بأنها مواد غير سامة
ومتخصصة للآفة - صديقة للبيئة ليس لها تأثير سلبي على الأعداء الطبيعية من
طفيليات ومفترسات .

المصائد الفرمونية (أي التي توضع فيها الفرمونات):

ويجب أن يتلاءم تصميمها مع حجم الحشرة وطريقة طيرانها ومع العوامل البيئية المحيطة بها وعلى موقعها وارتفاعها وأكثرها انتشاراً هي:

- المصائد الورقية: مثلثة الشكل وتموت الحشرة بالتصاقها بالمادة اللاصقة.
- المصائد المائية: وهي من البلاستيك وتموت الحشرة بسقوطها في وعاء يحتوى على مستحلب الماء والصابون.
- المصائد القُمعية: حيث تنزل الحشرة على قمع بلاستيك إلى داخلها أو قاع المصيدة حيث يوجد مبيد كيميائي لقتل الحشرة.
- ولزيادة كفاءة المصائد الفرمونية يلزم اتباع الآتي:
- توضع مصيدة لكل فدان عكس اتجاه الريح.
- تكون المصيدة على ارتفاع أعلى من مستوى النبات النامي بحوالى 20 سم.
- تزود بالماء أو المواد اللاصقة دورياً.
- يتم تغيير الكبسولة المحتوية على الفرمون كل 15 يوماً.
- يتم جمع الفراشات الذكور كل 3 أيام.
- يمكن استخدام المصيدة الواحدة لأكثر من كبسولة جاذبة جنس.

الطعوم السامة

وهي تقليد قديم ومفيد في مقاومة الحشرات الزاحفة مثل الديدان القارضة Cut worms وذلك بخلط كميات متساوية من نشارة الخشب - الردة - المولاس - الماء، ويتم نشر المخلوط حول الشجرة فيجذب المولاس الديدان القارضة، ويتم احتجازها بالمواد اللاصقة وتموت بالجفاف أو توضع بوردرة سامة لقتل الديدان.

مصائد ذبابة الفاكهة

وهي عبارة عن عبوة بلاستيكية تم قطعها عند الثلث الأعلى، ويوضع الطعم في قاع العبوة، ويوضع الجزء العلوى مقلوباً مثل القمع أو تعمل فتحة صغيرة في

جانب العبوة وتعلق مائلة والطعم السام المستخدم إما ماء + سكر + فانيليا + بودرة بايرثيرم Pyrethrum أو ماء + عسل نحل وقطع برتقال أو خيار + بودرة البايثيرم .

المصائد الضوئية

وذلك لجذب الحشرات أثناء الليل مثل دودة الحبوب Boll worms والجعل Chafer beetles والناموس Mosquitoes وثاقبات الأرز Rice stem borers وهي عبارة عن حامل خشبي ثلاثي الأرجل مثبت في التربة جيداً ويعلق به فانوس كمصدر للضوء وأسفله يعلق إناء به ماء وزيت وأفضل وقت لوضع المصائد الضوئية في الحقول أو الحدائق قبل خروج الفراشات، وبعد وضع البيض أى يتوقف على دورة حياة الحشرة الضارة .

المصائد اللونية

وهي لوحة إعلانية تدهن باللون الأصفر والبرتقالى ولا تقل أبعادها عن 30 × 30 سم وتغطي بمادة لاصقة تجذب الحشرات إلى ألوان اللوحة وتلتصق بها وتغوت؛ ولهذا يلزم معرفة اللون المناسب لكل حشرة يراد مكافحتها .

3-4- الطيور والمفترسات الصديقة

تميز الطيور بالقدرة على الطيران داخل عالم الفقاريات مثلما الحال بالنسبة للحشرات فى عالم اللافقاريات وللعديد من أنواع الطيور القدرة على التقاط الحشرات الضارة مثال نقارات الخشب wood peckers التى تفترس خنافس القلب وطيور الخشب الهازجة wood warblers التى تتغذى على ديدان براعم الصبور والطيور المهاجرة التى تفترس زنابير الصنوبر المنشارية .

ونتيجة لقيمة الطيور كمفترسات للحشرات بذلت جهود كبيرة لتحديد المفاضلات الغذائية وثمانج لعش ومنصات جاذبة للطيور وتم التحقق من فرائس حشرية عديدة للطيور بالغابات الألمانية تضم أجناسا مختلفة من رتبتي حرشفية وغشائية الأجنحة مثل Totrix Panolis, Bupalus كما درست جماهير الطيور

الشتوية فى إنجلترا، حيث اتضح أنها تلتقط ما يزيد عن 50% من مجموع الأنواع الحشرية بالغابات، وبرغم ذلك لم يسجل إلا قليلا فى برامج مكافحة البيولوجية حول نقل الطيور لمسافات طويلة لاستخدامها فى المكافحة، حيث بذلت بعض الجهود فى ألمانيا لتشجيع توطيد الطيور فى المناطق التى لا تتوطنها أصلا ارتكزت على تصميمات لصناديق العشش أدت إلى زيادة عالية فى كثافة الطيور حيث قدر حجم الديدان على أشجار الصنوبر داخل المساحات المحتوية على عشوش بأخرى لم يحتويها فوجد أن بالشجرة فى المساحة الأولى 50 يرقة مقابل 50000 يرقة بالمساحة الثانية (توفيق 1997).

كما استخدمت فى أمريكا الشمالية مساكن صناعية للطيور كمواقع طبيعية للتعيش بالمناطق المكتظة بالغابات ويعتبر النوع *Parus gambeli* أشهر أنواع الطيور فى تلك المناطق حيث تعتمد فى غذائه على ناخرات الأوراق من جنس *Recurvaria*.

كما استخدمت أنواع من الدجاج (الديوك الصغيرة Cockerels) كمفترسات ليرقات وعذارى الذباب المنزلى، ونجحت هذه الطيور فى مكافحة الذباب بواقع 20 فردا من الطيور لإزالة الذباب من روث 200 دجاجة أو فرد واحد لكل 50 أرنباً.

ومن النماذج الناجحة للمكافحة البيولوجية توطيد طائر المينة الهندى *tristis Acridotheres* فى موريتانيا سنة 1762م لمكافحة الجراد الأحمر مما أدى إلى انتهاء كارثة هذه الآفة بعد 8 سنوات فقط (1770م) من الاستيراد، وقد تكرر معاودة المكافحة بالطائر المذكور سنتى 62-1963م كما نجح توطيد هذا الطائر فى هاواى غير أنه فشل عندما نقل من هاواى إلى الفلبين.

وفى مصر صدر القانون رقم 13 لسنة 1922 بمنح صيد الطيور النافعة ونقلها وبيعها لأهميتها فى المكافحة الحيوية ويشمل الكروان *Numenius arquata* واللقلاق *Hemantopus sp.* والعصافير *Passer domesticus*, *Oriolus oriolus* والقنبرة *Chersophila sp.* وابوفصادة *Motocilla flava* والزقزاق البلدى *Holopterus spinosus* وابو قردان *Ardeol ibis* والهدهد المصرى *Upupa epops*

والوروار *Merops orientalis cleopatra* وخاطف الذباب المطوق *Muscicapaa semitorquata*. ولكن التوسع الرهيب فى استخدام المبيدات الحشرية قضى على أعداد كبيرة من هذه الطيور النافعة، والأمل هو فى معاودة تزايد أنواع هذه الطيور بترشييد استخدام المبيدات.

الباب الرابع

التسميد الحيوى Biofertilization

نظراً لمخاطر استعمال الأسمدة المعدنية هناك اتجاه عالمى للزراعة العضوية الحيوية بدون أسمدة معدنية كبديل أمثل، وتعتبر كل الإضافات ذات الأصل الحيوى التى تمد النبات النامى باحتياجاته الغذائية تسميداً حيوياً Biofertilization وتعرف هذه الإضافات بالأسمدة الحيوية أو اللقاحات الميكروبية Microbial inoculants وهى عبارة عن كائنات مجهرية منتخبة تم إكثارها فى مزارع ملائمة ثم يُحمل أو يُنقل النمو على حامل مناسب Carrier ويحفظ تحت ظروف تخزين ملائمة لحين استعماله كلقاح للبذور أو التربة.

ومن أمثلة الأسمدة الحيوية ذات الأهمية الاقتصادية الكبيرة ما يلي:

1 - اللقاحات المثبتة للتروجين الجوى ومنها:

لقاحات الرايزوبيا والاروتوبياكتر للبقوليات، لقاح الأروسبيرم Azospirillum للنجيليات، لقاح الفرانكيا لغير البقوليات، لقاح السيانيوكتريا والآزولا لمزارع الأرز.

2 - اللقاحات المذبية للفوسفات:

تلعب دوراً هاماً فى تيسير فوسفور التربة للنبات ومنها لقاح الفوسفوبياكترين وهى عصويات طويلة هوائية (*Bacillus megatherium*)، لقاح فطريات الميكوريزا المعروفة بـ (Fungus roots).

3 - اللقاحات المذبية للعناصر الغذائية:

مثل المذبية للبوتاسيوم أو العناصر الصغرى أو بكتريا السليكات المفزة للأحماض.

4 - ديدان الأرض:

وتستخدم كلقاح فى الأراضى الطينية الثقيلة لفوائدها فى حفر الأنفاق وتهوية التربة، وكذا قدرتها على تحليل المواد العضوية إلى مواد أبسط كما تفرز كثيرا من المضادات الحيوية ومنشطات النمو؛ ولذا تستخدم كدليل حيوى Bioindicator لخصوبة التربة، كما يمكن استخدامها فى هضم المخلفات الزراعية وإعادة تدويرها Recycling of wastes.

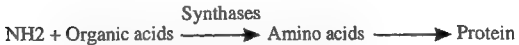
وبالإضافة إلى أهمية اللقاحات الميكروبية السابقة فى إذابة وتيسير العناصر للنباتات فإنها تفرز مواد مشبعة لنمو النبات من أوكسينات وفيتامينات تساعد على إنبات البذور ونمو الجذور. كما أنها تفرز مواد مثبطة للفطريات المرضية.

ويعتمد نجاح التسميد الحيوى فى تحقيق الفائدة المرجوة منه على العوامل التالية:

- كفاءة الميكروب المستخدم.
- توافق الكائن مع النبات العائل.
- قدرة الكائن على البقاء ومنافسة الكائنات الموجودة فى التربة.

4-1 تثبيت النتروجين الجوى بيولوجيا فى التربة Biological Nitrogen Fixation

المقصود هو قدرة العديد من ميكروبات التربة على استخدام النتروجين الجوى فى بناء بروتوبلازم الخلية، وذلك لاحتوائها على إنزيم النيتروجيناز الذى يختزل النتروجين الجزيئى إلى أمونيا تدخل فى تكوين الأحماض الامينية وبروتين الخلية.

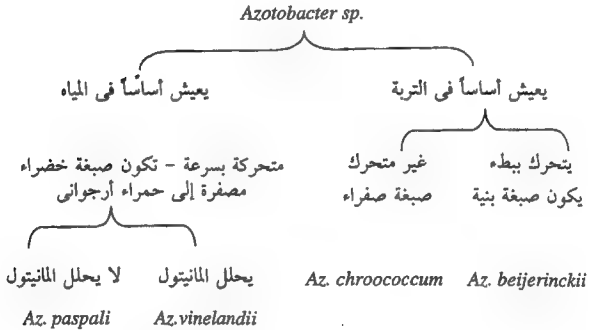


وستعرض بالمناقشة لأهم وأشهر الميكروبات المثبتة للنتروجين.

1-1-4 البكتيريا عضوية التغذية الحرة Free fixion heterotrophs

1 - الأزوتوباكتر. *Azotobacter* sp.

ميكروبات شبه كروية أو بيضية كبيرة الحجم نسبياً توجد فردياً أو فى أزواج وتكوّن كبسولة لزجة خارج الخلية وتكون حوصلة ونسبة G + C فى جزيء DNA 63 - 66% وهى سالبة لجرام.



ويعزل الميكروب على بيئة العالم بيجرينك Beijerinck وهى خالية من مركبات النتروجين وتحتوى على المانيتول أو البروبيونات بدلاً من الجلوكوز (يساعد على نمو ميكروبات أخرى) ولايستطيع الأزوتوباكتر تحليل السليلوز أو المواد العضوية المعقدة، ويحصل على الطاقة اللازمة له من المعيشة التعاونية مع ميكروبات التربة الأخرى التى تمده باحتياجه من الكربوهيدرات، ويستطيع الميكروب تثبيت 18 مللجم ن/ 1 جم سكر والحموضة المثلى لنموه من pH 6 - 8.5؛ ولذا ينتشر فى الأراضي المتعادلة أو المائلة إلى القلوية بعكس الأراضي الحامضية وهى ميكروبات ميزوفيلية أى محبة للحرارة المتوسطة من 30 - 35°م وتلعب بعض المعادن مثل الفوسفور وكذا عوامل التضاد والتنافس دوراً هاماً فى انتشاره فى التربة.

2 - الأزوموناس *Azomonas* sp.

خلاياه بيضاوية الشكل كبيرة الحجم مفردة أو فى أزواج أو تجمعات غير منتظمة وأنواعه متجرئة ولا تكون كبسولة (عكس الأزوتوباكتر) ونسبة G+C فى الدنا تتراوح من 53 - 59%. متحركة بأسواط (فلاجلات) طرفية أو متشرة - لا يكون حويصلات - هوائية - pH من 4 - 9. معظم أنواعه توجد بالتربة أساساً مثل *A. macrocytogenes* ما عدا نوعين فى المياه هي *A. agilis* (فلاجلات عديدة)، *A. insignis* (خصلة طرفية).

3 - البيارينكيا *Beijerinckia* sp.

يشبه الأروتوباكتر إلا فى بعض الصفات المورفولوجية فهو أصغر حجماً وعصوي الشكل، ويحتوى على أجسام دهنية فى طرفى الخلية وتنتاز بكثرة إفرازها للمواد السكرية المعقدة؛ لذا تعطى قواماً هلامياً لزجاً ولا تحتاج إلى الكالسيوم فى نموها ونطاق pH أوسع (3.5 - 9). ومعدل نموها أقل من الأروتوباكتر، ولكن قدرتها على تثبيت النتروجين عالية تصل إلى 20 مللجم N/جم سكر وتنتشر فى الأراضي الحامضية والحارة بعكس الأروتوباكتر، ويوجد بكثرة فى ريزوسفير النباتات وحيدة الفلقة خاصة قصب السكر وتنبع هذا الجنس، *B. mobilis* *B. indica*.

4 - الدرکسيا *Derixia* sp.

يختلف مورفولوجياً عن الأروتوباكتر والبيارينكيا حيث خلاياه عصوية غير متجرئة سالبة لجرام هوائية حتماً وتظهر الفجوات فى الخلايا المسنة ومدى الحموضة pH 5 - 9 وقدرته على تثبيت N أعلى منهما فيصل إلى 25 مللجم N/جم سكر وتشبه البيارينكيا فى وجود كبسول سميك لزج وتتحرك بفلاجلات طرفية ويتبعه *D. gummosa*.

5 - الأزوسبيريلم *Azospirillum* sp.

ميكروب واوى أو حلزوني يعتبر جداره صلباً سالبا لجرام غير متجرثم مستعمراته بيضاء أو وردية اللون على البيئات الصلبة ويكون قشرة بيضاء تحت

سطح البيئة السائلة ويحتوى على حبيبات من بولى بيتا هيدروكسى بيوتريك، وهذه الحبيبات لتخزين الغذاء ومصدراً للطاقة ويصل وزنها إلى 7,7 - 33,3% من الوزن الجاف للخلايا حسب عمر المزرعة.

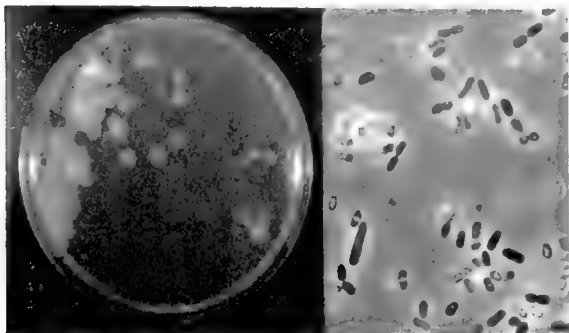
والميكروب متحرك بخصلة فلاجلات طرفية - هوائى - يثبت التروجين فى ظروف قليلة التهوية Microaerophilic والحرارة المثلى 25 - 30م والحموضة متعادلة ويعزل على بيئة بها مالات الكالسيوم ومستخلص الخميرة، ويتشتر فى الأراضى الاستوائية وتحت الاستوائية وخاصة أراضى الحشائش والنجليات وقصب السكر والبوص والبردى وقدرته على التثبيت تقارب الأزوتوباكتر (20 جم N/ جم سكر) ويوجد منه نوعان الأول. *Azosp. brasiliense* وهو موجب لاختبار الكاتاليز، ولا يحتاج بيوتين لنموه والثانى *Azosp. lipoferum*، وهو سالب لاختبار الكاتاليز ويحتاج البيوتين لنموه، وهو الأكثر شيوعاً فى مصر، وهناك نوع ثالث عزل من دلتا الأمازون (بأمريكا الجنوبية) لذا سمي *Azosp. amazomenses* ويكثر فى أراضى النجيليات وهو حساس جداً للظروف القلوية والأكسجين، ويستطيع أيضاً التحول إلى القيام بعملية الدنترة (اختزال التترات وانطلاق التروجين) حسب توافر مستقبل الألكترون.

6 - الكلوستريديوم *Cl. pasteurianum*

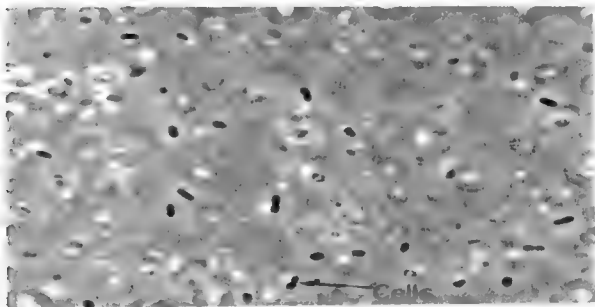
ميكروب غير هوائى حتماً - عصوى متجثرم بجرثومة طرفية أو تحت طرفية تشبه عصا الطبلية - موجب لجرام - ويوجد بأعداد كبيرة بالتربة تصل إلى 41 مليون فى الجرام الواحد مما يجعله يلعب دوراً أكثر فعالية عن الأزوتوباكتر فى تثبيت التروجين بالتربة بالرغم من أن كفاءته أقل حوالى 2 - 10 مللجم N/ جم تربة، ولكن يغطى ذلك كثرة أعداده، وهو متحمل للحموضة، ويوجد فى الأراضى الغدقة والمزروعة بالأرز، كما يوجد فى ريزوسفير كثير من النباتات الحقلية.

7 - كثير من الميكروبات التابعة لأجناس *Enterobacter*، *Bacillus*، *Nocardia*، *Flavobacterium*، *Corynebacterium*، *Achromobacter*

Desulfotomaculum، *Desulfovibrio* قادرة على تثبيت أزوت الهواء الجوى ولكن قدرتها على التثبيت ضعيفة لا تتعدى 5 مللجم N/ جم سكر وتسمى Oligofixers.



شكل (4): نمو ميكروب الأزوتوباكتر على الأجار والشكل الظاهري للميكروب

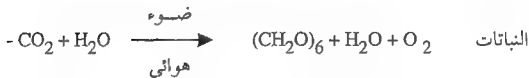
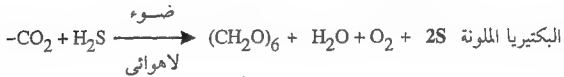


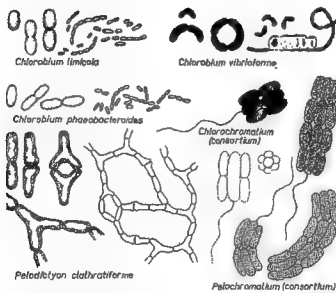
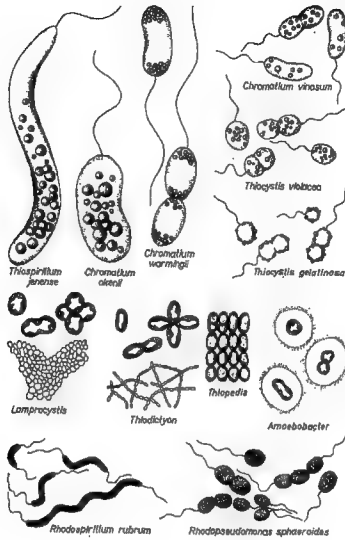
شكل (5): خلايا الأزوتوباكتر كروى فى أزواج محاطة بكبسولة

4-1-2- الكائنات الممثلة للضوء Free fixation phototrophs

وتنقسم الى قسمين رئيسين

- 1 - البكتيريا غير الأكسجينية المثبتة للنيتروجين وتحتوى ثلاث مجموعات
 - البكتيريا الأرجوانية غير الكبريتية Athiorhodaceae ويتبعها أجناس *Rhodospirillum & Rhodomicobium & Rhodopseudomonas* وهى ذات أشكال ظاهرية مختلفة مثل العصوى والخيطى والمتبرعم والبيضى .
 - البكتيريا الأرجوانية الكبريتية Thiorhodaceae ويتبعها أجناس *Ectothiorhidospira - Thiopedia - Chromatium* ، وأشكالها عصوية وخيطية وكروية وتوجد بها ترسيبات كبريتية .
 - البكتيريا الخضراء الكبريتية ويتبعها أجناس *Chlorobium & Chlorochromatium* وأشكالها الشبكي والفحمى والعصوى ، وجميع هذه الميكروبات لا هوائية حتمية تستخدم CO_2 (كمصدر للكربون)، الضوء (كمصدر للطاقة) وهى قليلة الأهمية فى الأراضى العادية (المهواه) ولكن فى الأراضى الغدقة أو البحيرات والينابيع الكبريتية تلعب دوراً هاماً فى زيادة النتروجين . وهى تختلف فى تثليها الضوئى عن النباتات العادية فى معطى الإيدروجين وغياب الأكسجين وعدم خروج أكسجين عن التفاعل كما يتضح من المعادلتين:





شكل (6) : أمثلة للميكروبات المثلة للضوء غير الأكسجينية المثبتة للنيتروجين

2 - البكتيريا الأكسجينية المثبتة للنيتروجين Cyanobacteria ،

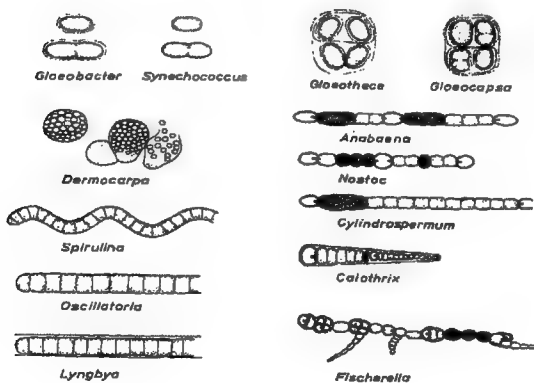
ويقصد بها الطحالب الخضراء المزرقة ولها القدرة على تثبيت N في وجود الأكسجين وتقسم إلى 3 أقسام رئيسة:

- * خيطية تكون هتيروسست حيث يوجد إنزيم النيتروجيناز فى خلايا خاصة- سميكة الجدر لحمايته من الأكسجين وعندئذ لا بد من وجود منافذ تسمح بتبادل الكربون والنيتروجين بين الهتيروسست والخلايا الخضرية.
- * خيطية لا تكون هتيروسست وهى هوائية النمو ولكنها لا تثبت النيتروجين إلا تحت ظروف لاهوائية لعدم وجود نظام بالخلايا يحمى إنزيم النيتروجيناز من الأكسجين أى تشبه البكتيريا الكبريتية الهوائية السابق ذكرها.
- * وحيدة الخلية ويحاط إنزيم النيتروجيناز بما يشبه الأغشية التى تحميه من الأكسجين.

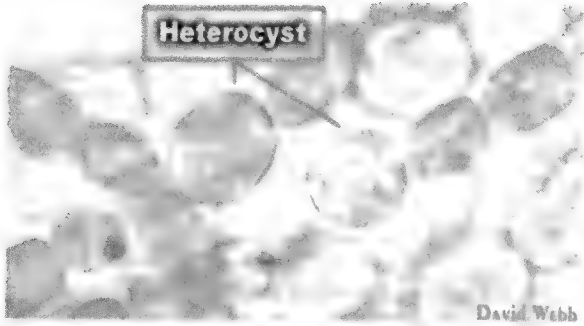
وتحتاج الطحالب الخضراء المزرقة إلى إضاءة قوية، ك 2 و 2 ن لتثبيت النيتروجين فى البيئات الصناعية ويستطيع طحلب Nostoc تثبيت 10 مللجم N / 45 يوم / 100 سم³ بيئة وعند زيادة كمية N₂ المثبت عن حاجة الطحلب فإنه يخزن فى مركبين، صبغة الفيكوسيانين Phycocyanin أو حبوب بنائية Structural granules عبارة عن بلمرات الإسبارتيك والأرجنتين. وتنتشر الطحالب المزرقة فى المياه العذبة والمالحة والأراضى الغدقة وتمتاز خلايا الهتيروسست عن الخلايا الخضرية فى أنها خالية من صبغة الفيكوسيانين ومن حبيبات الفوسفات ومن الصبغات الضوئية وتتم عملية التثبيت فى الخلايا الخضرية تحت ظروف لاهوائية فى الطحالب غير المحتوية على خلايا الهتيروسست، بينما يتم تحت ظروف هوائية فى الطحالب المكونة للهتيروسست التى يتم فيها التثبيت.

يستطيع طحلب *Nostoc muscorum* النمو فى الظلام هتيروتروفياً (بلا طاقة ضوء) بشرط توافر مصدر للطاقة مثل الجلوكوز أو السكروز، ويستطيع أيضاً تثبيت النيتروجين ولكن بكمية أقل بكثير مما فى النمو الأتوتروفى، ويرجع ذلك إلى نقص كمية ATP الناتجة من الفسفرة المؤكسدة.

وتستخدم الطحالب كسماد مزدوج الغرض (عضوى ونيتروجينى) لزيادة خصوبة التربة وأحياناً لمعالجة الأراضى القلوية ذات pH 9.5 وأكثر وتجرى تجارب لإنتاج سلالات من الطحالب المزرقه خالية من إنزيم Glutamic synthetase فلا يتحول الآزوت المثبت من أمونيا إلى أحماض أمينية، وبذلك تنساب الأمونيا خارج الخلايا ويستفاد ومن ذلك فى صناعة الأسمدة التسروجينية، وقد وجد أن استخدام 100 جم طحالب جافة للقدان، وقت شتل الأرز توفر نصف كمية الآزوت اللازمة أى 15 - 20 وحدة آزوت للقدان وتنتج حالياً لقاحات الأزوتوباكترين أو الطحالب الخضراء المزرقه بشكل تجارى محملة على وسط Carrier صلب لتلقيح الأراضى بها أو خلطها بالبذور.



شكل (7) : أمثلة للطحالب الخضراء المزرقه (السيانوبكتيريا) المثبتة للنيتروجين



شكل (8): خلايا الهتيروسست التى يثبت بداخلها النيتروجين فى الطحالب الخضراء المزرقمة

3-1-4 البكتيريا العقدية التكافلية والنباتات البقولية

Symbiotic bacteria and Leguminous

المقصود قدرة بعض الميكروبات على تثبيت الآزوت الجوى فى عقد جذرية متكونة على جذور بعض النباتات البقولية وغير البقولية، حيث يتم تبادل للمنفعة داخل العقد الجذرية (معيشة تكافلية)، فالنبات يمد الميكروب بما يحتاجه من المواد العضوية والعناصر المعدنية اللازمة له، بينما يمد الميكروب النبات بالمواد النتروجينية التى يثبتها، ولقد عُرِفَت أهمية المحاصيل البقولية فى زيادة خصوبة التربة منذ 1888م وتقدر كمية النتروجين المثبت تكافلياً بحوالى 50 مليون طن سنوياً بما يعادل ثلث الاحتياج العالمى من السماد النتروجينى.

وتتم عملية التثبيت تكافلياً بواسطة البكتيريا التابعة لجنس *Rhizobium*، *Bradyrhizobium* داخل العقد الجذرية المتكونة على جذور النباتات البقولية، وهذه الميكروبات تعيش حرة فى التربة الزراعية ويمكن زراعتها على البيئات الصناعية ولكنها لا تستطيع تثبيت النتروجين خارج العقد الجذرية.

وهى عصويات قصيرة غير متجترمة مفردة سالبة لجرام هوائية وتحتوى على صبغات الكروماتين وحييات بيتا هيدروكسى بيوتريك التى تصبغ باللون الأسود مع صبغة أسود السودان، بينما تظهر داخل العقد الجذرية بأشكال مختلفة TYLXV وتعرف عندئذ البكتيريودات Bacteroides وهى نادراً ما ترى فى المزارع الصناعية، وحجم البكتيريود يتوقف على نوع السلالة النباتية فهو كبير الحجم فى البسلة وصغير الحجم فى الفول والأنواع الميكروبية التابعة لجنس *Rhizobium* سريعة النمو على بيئة مستخلص الخميرة والمانيتول مثل مجموعة البرسيم الحجازى ومتوسط عمر الجيل 4 ساعات وتأثيرها حامضى فى بيئة النمو، بينما جنس *Bradyrhizobium* بطيئة النمو ومثالها مجموعة اللوبيا ومتوسط عمر الجيل 10 ساعات وقلوية التأثير، وكل نبات بقولى أو مجموعة من النباتات البقولية له جنس معين من الريزوبيا أو البرادريزوبيا يصيبه وتكون عقد عليه، أما باقى الأنواع فقير قادرة على غزوه، وحتى إذا غزته فإنها تكون عقدا ضعيفة غير قادرة على تثبيت النتروجين، وتسمى مجموعة النباتات البقولية التى يغزوها نوع واحد من البكتيريا العقدية باسم مجموعة تبادلية التلقيح Cross inoculation group، فمثلاً مجموعة البسلة تضم البسلة والفول العادى والعدس والميكروب المتكامل معها *Rh. Leguminosarum* وهكذا قسمت النباتات البقولية الى 7 مجموعات كما هو موضح بالجدول التالى (رقم 19).

وما يجدر ذكره أن أنواع البكتيريا العقدية السبع لا يمكن تمييزها عن بعضها بسهولة من خلال الصفات الظاهرية (المورفولوجية) أو المزرعية أو الفسيولوجية، والطريقة الوحيدة لتمييزها هى اختبار قدرتها على تكوين العقد على أنواع النباتات البقولية والاختبارات السيولوجية بإضافة سيرم مضاد Antiserum من سلالات معروفة إلى خلايا البكتيريود المفصولة من العقد.

بواسطة الجذور الحديثة بتأثير ما تفرزه البكتيريا المتخصصة المهاجمة من مادة اندول حمض الخليك، بينما تختفى (الكالوز) في الجذور المسنة.

4-3-2- أطوار البكتيريا العقدية في النبات

الطور الأول: تكوين خيط العدوى والعقدة

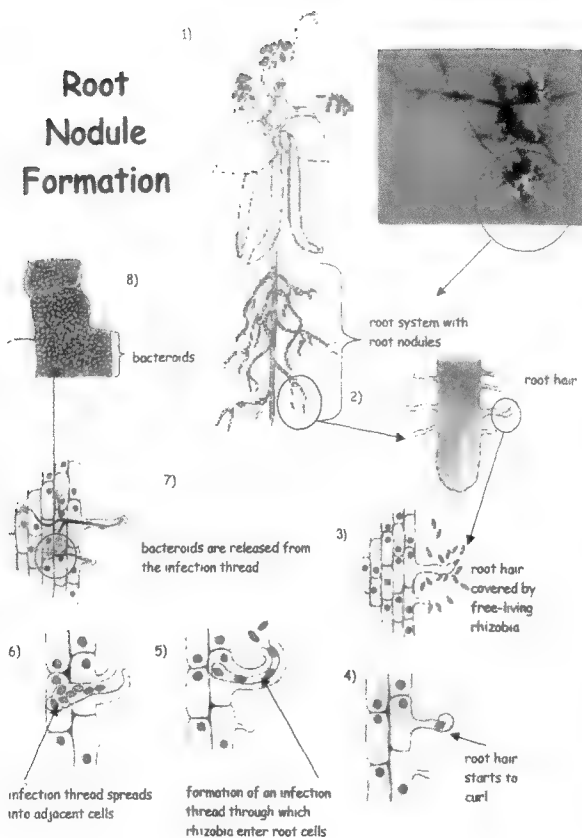
تفرز البكتيريا العقدية المهاجمة مادة منشطة مثل أندول حمض الخليك والتي تسبب انحناء الشعيرة الجذرية، وعندئذ تغزو الميكروبات المتخصصة الشعيرة عند منطقة الانحناء وتكوّن العقد، أما غير المتخصصة فيحدث الانحناء ولكن لا تتكون العقد ثم يبدأ تكوين خيط العدوى Infection thread وهو مكون من البكتيريا محاطة بأنبوبة مكونة من السليلور والبكتين والهيميسليلور ويستمر خيط العدوى في نموه من خلية لأخرى بمتوسط 7 ميكرون/ ساعة.

ويختلف خيط العدوى في السمك باختلاف النبات العائل ويستمر في مسيرته في الشعيرة الجذرية حتى يصل إلى خلايا القشرة فيخترقها ويتفرغ خيط العدوى ويغزو خلايا أخرى وتنشط الخلايا المصابة، وتنقسم حاملة خلايا البكتيريا الغازية وتتكون العقدة من انقسام خلايا النبات ومن تضخم هذه الخلايا. ويتم تكوين العقدة على الجذر في مدة لا تقل عن 15 يوما من بدء الإصابة، ويلاحظ أن نصف العقدة توجد به الميكروبات أما النصف الآخر فيخلو منها ويسمى النصف العقيم.

الطور الثاني: تبادل المنفعة Symbiosis

تأخذ الميكروبات الشكل العصوي في العقدة الحديثة ولكن في العقدة الناضجة توجد في طور البكترويد في هيئة حروف مثل TLYXV والذي تتم فيه عملية تثبيت النتروجين لأن الخلايا في هذا الطور تحتوى على إنزيم النتروجينيز المثبت للنتروجين، وهنا تظهر المعيشة التكافلية أو تبادل المنفعة Symbiosis حيث تمد البكتيريا النبات بالمواد النتروجينية المثبتة ويمد النبات البكتيريا بالمواد الكربوهيدراتية كالكربونات والأحماض العضوية، ويمكث هذا الطور سبعة أسابيع

Root Nodule Formation



شكل (9): مراحل تكوين العقد الجذرية

تقريباً ويصاحب طور البكترويد تكوين مادة شبيهة بالهيموجلوبين Leg hae-moglobin تلعب دوراً في تثبيت النتروجين (تحويل الأمونيا إلى أحماض أمينية كالجلوبامين) وتُكسب العقد النشطة اللون الأحمر الوردي Pink، وتناسب كمية النتروجين المثبتة طردياً مع كمية الهيموجلوبين في العقد؛ ولذا يستخدم تقدير الهيموجلوبين بالطرق الضوئية كدليل على كفاءة العقد في التثبيت أفضل من طرق الوزن الطازج والجاف، وفي حالة ما كانت الميكروبات الغازية غير متخصصة للنبات فإن العقدة تمكث 7-10 أيام فقط ولا يتكون هيموجلوبين وتسمى العقدة الكاذبة Pseudonodule.

الطور الثالث: المعيشة التطفلية وتحلل العقدة

في نهاية السبع أسابيع من تكوين العقد البكتيرية يتحول الميكروب من معيشة تبادل المنفعة إلى متطفل بعد أن تقل المواد الغذائية الواصلة إلى العقد. فيفرز الميكروب إنزيم Pectinase الذي يذيب الصفيحة الوسطى للخلايا البرانشيمية وتنفجر العقدة ويخرج الميكروب إلى التربة الزراعية.

وفي تفسير آخر أنه في وقت الإزهار تصل درجة هرمون الأوكسين Auxin إلى قمته وعندئذ تتحلل العقدة وتختفى البكترييدات وتنفصل بقايا العقدة بطبقة من الفلين.

4-3-3-1- العوامل المؤثرة على كفاءة تثبيت النتروجين الجوي تكافليا

أ - عوامل بيئية وكيميائية

- تؤثر تهوية التربة ودرجة الحرارة ونسبة الرطوبة والملوحة ورقم الحموضة pH على نمو النباتات البقولية، وبالتالي على تكوين العقد (كمّاً ونوعاً) ومقدار ما تقدمه من نتروجين جوى.

- الحساسية لبعض الآفات ويرقات الحشرات والبكتريوفاج.

- ينشط توفر بعض العناصر الغذائية بالتربة عملية التثبيت مثل الكالسيوم والمنجنيز والفوسفور والبوتاسيوم.

- إضافة الجير (كربونات الكالسيوم) يزيد من عملية التثبيت نظراً لأن الكربونات يجعل الوسط مستعادلاً والكالسيوم يدخل فى نشاط إنزيم البكتينيز التى تساعد على اختراق الميكروب للشعيرة الجذرية.

- العناصر النادرة مثل المولبدنم Mo هامة فى عملية التثبيت لأن هذا العنصر يدخل فى تركيب إنزيم النيتروجينيز والكوبلت يدخل فى تركيب مرافق الإنزيم Vitamin B12 الذى يشارك فى نشاط العديد من الإنزيمات.

- مستوى النتروجين المعدنى (الأمونيا والنترات) يؤثر عكسياً على تشجيع التثبيت (عامل مثبط).

- الأكسجين ضرورى لتنفس خلايا العائل والبكتيريا وإنتاج الطاقة اللازمة لعملية التثبيت، إلا أن زيادة مستوى الأكسجين بالعقدة عن مستواه بالهواء الجوى يعتبر مثبطاً للإنزيم النتروجينيز، وينظم تركيز الأكسجين بالعقدة مادة Leg hemoglobin التى تتحد مع الأكسجين الزائد. وهذا يفسر قلة تركيز الأكسجين فى خلايا العقدة رغم زيادته خارجها، مما يوفر الحماية اللازمة لإنزيم النيتروجينيز.

ب - عوامل حيوية

* السلالة البكتيرية

حيث تختلف السلالات عن بعضها فى مقدرتها على تثبيت النتروجين ويرجع ذلك إلى السرعة التى تتحلل بها العقد الجذرية، فالسلالات غير الفعالة In-effective strains لا تستمر سوى 7-10 أيام، بينما السلالات الفعالة Effective strains تستمر 6-7 أسابيع تثبت خلالها كمية نتروجين أكبر أى أن الفرق بين الاثنين فرق كمى Quantitative.

* تخصص النبات العائل

تختلف السلالات البكتيرية لصنف واحد من البكتيريا العقدية فى قدرتها على تثبيت النتروجين فى العوائل المختلفة التابعة لنفس المجموعة التبادلية؛ فمثلاً:

سلالة *R. meliloti* المعزولة من البرسيم الحجازى تستطيع تكوين عقد جذرية أيضاً على كل من الحلبة والنقل والهندقوق. إلا أنها أقدر على تثبيت كمية أكبر من النتروجين إذا ما لقت البرسيم عن بقية نباتات المجموعة.

* عدد البكتيريا العقدية من السلالة الملائمة فى التربة

عدم وجود عدد كاف من سلالة قوية معناه نقص عدد العقد المتكونة على النبات وبالتالي نقص معدل التثبيت، وقد لوحظ تناقص أعداد الريزوبيا فى التربة بعد فترة من التلقيح، ويرجع ذلك إلى وجود البروتوزوا والبكتريوفاج التي تلتهم البكتيريا، كما أن زراعة الأرض بمحصول بقسولي واحد لمدة طويلة يؤدي إلى قلة المحصول وضعف النباتات فيما يعرف بظاهرة Alfalfa sickness.

جدول (20): مقارنة عملية التثبيت من الميكروبات الحرة (لا تكافلي) والميكروبات التكافلية

وجه المقارنة	الحرة	التكافلي
مثال	<i>Azotobacter sp.</i>	<i>Rhizobium sp.</i>
طور النمو الذى يتم فيه التثبيت	اللوغاريتمى	الثابت
كمية النتروجين المثبتة	0.1 جم N / جم خلايا بكترويد	1-2.5 جم N / جم خلايا بكترويد
كفاءة عملية التثبيت*	10-20 مللجم N / جم جلوكور	270 مللجم N / جم ريزوبيا البسلة (270 مللجم N / جم جلوكور مستهلك*)
الاروتوباكتر	10-5 مللجم N / جم جلوكور	
الاروسبيريلم	40-80 مللجم N / جم بروتين/ ساعة	2-5 مللجم N / جم بروتين/ ساعة
النشاط النسبي	تستعمل الجزء الأكبر فى بناء خلاياها وتفرز فقط 7-13%	أغلب ما تثبت من نتروجين تفرز خارج الخلايا
مصير النتروجين المثبت	من N المثبت خارجها	

(*) يحلل الفارق الكبير بين كمية النتروجين المثبت من النوعين إلى استهلاك الخلايا الحرة الكثير من الكربون والطاقة لتكوين الخلايا الجديدة أو فى التنفس الهوائى الإضافى لإبعاد الأكسجين عن إنزيم التروجينيز.

أ- استعمال التربة

هذه هي الطريقة القديمة وقل استخدامها الآن حيث ينقل جزء من التربة من الطبقة السطحية (5-20 سم) من حقل سبق زراعته بنجاح بنفس المحصول البقولي ويكفى 200 كجم تربة لتلقيح فدان واحد حيث تثر هذه الكمية على سطح الحقل المراد تلقيحه وتقلب جيداً مع التربة قبل بذر البذور. ويعاب على هذه الطريقة احتمال احتواء التربة المضافة على بذور حشائش ضارة وآفات وميكروبات مرضية.

ب- استعمال المزارع البكتيرية

وقد تكون هذه المزارع سائلة أو على آجار أو على مادة حاملة Carrier وهي الشائعة الآن، حيث تنمى السلالة الفعالة المراد تلقيحها في بيئة سائلة مناسبة مثل بيئة مستخلص التربة أو مستخلص الخميرة المانيتول وتحضن على 25°م لمدة 5-7 أيام ثم تضاف محتويات المزرعة إلى مادة حاملة مثل الديال أو الكمبوست وحالياً مادة البيت الناعم ويخلط جيداً بحيث لا تقل الرطوبة عن 40-50% ثم يعبأ المخلوط في أكياس البولي إثيلين المعقمة، وتحفظ على درجة حرارة منخفضة وعند الاستعمال تؤخذ كمية من هذا الحامل ويضاف إليها الماء لعمل معلق ويضاف إليه البذور المراد تلقيحها وتقلب جيداً ثم تنشر لتجف قليلاً قبل الزراعة، ومن الحوامل أيضاً الطمي والفحم وقوالب الذرة المطحونة ومصاصة القصب وكمبوست بذور القطن وكلها مواد متوافرة محلياً رخيصة الثمن ولها القدرة على الامتصاص وسهولة التعقيم.

والحامل الشائع الاستخدام لتحميل البكتيريا العقدية هو مستحضر العقدين وتركيبه لكل 1 كجم هو:

تربة منخولة	850 جم
مسحوق فحم حيواني	100 جم
جيلاتين	10 جم

ويوجد حامل آخر تزايد استخدامه مؤخراً وهو عبارة عن خليط من التربة الطميية ومطحون عيدان البرسيم بنسبة 2:3 وهذا الخليط يوفر وسطاً مستعدلاً ورطوبة ومواد غذائية مناسبة للميكروب.

ويلقح الحامل بمزرعة تعتبر نشطة عمرها خمسة أيام من الريزوبيا وتخلط جيداً ويعبأ في أكياس، وتعيش الميكروبات بكفاءة لعدة أشهر على درجة حرارة الغرفة وتؤثر ظروف تخزين الحامل المحمل باللقاح خاصة درجة الحرارة والرطوبة النسبية على حيوية الريزوبيا؛ ولذا يجب إجراء اختبارات الجودة عليه وحيوية الميكروب قبل الاستخدام وتكفي العبوة 100 جم لتلقيح الفدان.

4-1-4- تثبيت النتروجين تكافلياً في النباتات غير البقولية

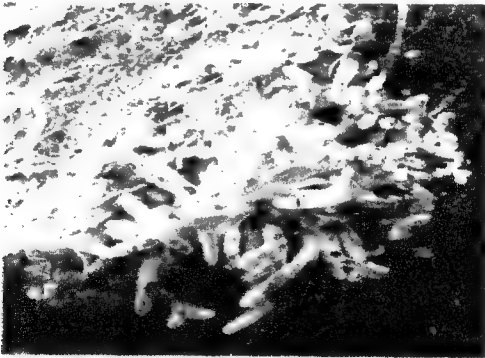
Non-leguminous symbiosis

أثبتت الدراسات وجود نباتات غير بقولية يتكون على جذورها أيضاً عقد بكتيرية قادرة على تثبيت النتروجين، وهذه النباتات عبارة عن أشجار خشبية معمرة يتبع بعضها مغطاة البذور Angiosperms مثل *Alnus glutinosa* (أشجار خشبية)، *Myrica gale* (نخيل الشمع)، *Hippophae* (مثبت للكثبان الرملية)، *Gasuarina* (مصد رياح قوى). والميكروب المسبب للعقد يتبع جنس *Frankia sp.* التابع لعائلة الأكتينوميسيتات (البكتيريا الشبيهة بالفطر) وتوجد الفرائكيا في طبقة القشرة Cortex. والبعض الآخر يتبع معمرة البذور Gymnosperm مثل جنس *Macrozamia cycas* والميكروب المسبب للعقد هو طحالب خضراء مزرقّة مثل *Anabaena*, *Nostoc* وتوجد داخل خلايا منطقة القشرة الخارجية للجذر Outer cortex، والعقد الجذرية في بعض هذه الأشجار قد تصل إلى حجم كرة التنس (5-6 سم قطر) وكمية النتروجين تختلف حسب النبات وظروف التربة حيث تتراوح بين 12 - 200 كجم/هكتار سنوياً في أشجار الأناناس أما في الجازورينا ففي حدود 58 كجم/هكتار سنة.

(أ) الفزانكيا

من الأكتينوميستات الخيطية التي تنقسم فى أكثر من مستوى واحد، ويكون جراثيم إسبورانجية وتتميز أفراد هذا الجنس بقدرتها على تثبيت النتروجين الجوى تكافليا بتكون عقد جذرية على النباتات غير البقولية مثل شجر الأناناس والكاورينا، بينما توجد فى التربة الزراعية فى حالة حرة ولا تستطيع تثبيت النتروجين خارج العقدة.

وتظهر العقد على الجذور بعد مدة تتراوح من 10-20 يوما من تلقيح الجذور بمعلق من مسحوق العقدة، وتشابه عملية الغزو وتكوين العقدة مع ما يحدث بين الرايزوبيا والبقوليات حيث تقترب هيفات الفزانكيا من جذور النبات غير البقولى، وإذا كان الميكروب متخصصاً للعائل يحدث انحناء لطرف الشعيرة الجذرية ثم يغزوها، ويتكون خيط العدوى حتى يصل إلى طبقة القشرة حيث تتكون العقدة وتتم عملية تبادل المنفعة. وتأخذ هيفات الفزانكيا داخل العقدة أشكالاً متعددة فمنها ما يشبه الخيوط ومنها خيوط لها نهايات ذات أوعية صولجانية وجدار مزدوج، ويعتقد أن بها إنزيم النتروجينيز مثل الهيتروسست فى الطحالب الخضراء



شكل (10) : الشكل الظاهري لخيوط (هيفات) ميكروب الفزانكيا

المزقة، ومن الهيفات ما يوجد فى شكل أجزاء صغيرة Fragments وهى الصورة التى يخرج بها الميكروب إلى التربة عند تحلل العقدة ليعيش فى الحالة الحرة. وتختلف عقد الفرائكيا عن عقد الرايزوبيا فى البقوليات باحتوائها على صبغة حمراء اللون من الإيثوسيانيد بدلاً من الهيموجلوبين، كما أنها تختلف مورفولوجيا وتشريحياً عنها. وتعرف العوامل غير البقولية المتكافلة مع الفرائكيا باسم Actinorrhizas.

وقد أمكن التعرف على عشرة أنواع تابعة لجنس الفرائكيا كلها متطفلة إجبارياً مع وجود مرحلة حرة بالتربة، وبنى التقسيم على أسس مورفولوجية وفسيولوجية حسب التخصص فى إصابة العائل Gross inoculation وأيضاً حسب سمك الهيفا وشكل الانتفاخ الذى فى نهاية الهيفات، كما يتضح ذلك من الجدول التالى (رقم 21).

جدول رقم (21) : الفروق بين أنواع جنس فرائكيا*

Actinomycete species	Host species (العائل)	Hyphae (um)
1. <i>F. casuarina</i>	Casuarina	0.3 – 0.5
2. <i>F. brunchorsti</i>	Myrica & Comptonia (?)	1.2-2.8
3. <i>F. alni</i>	Alnus	0.3-0.5
4. <i>F. elaeagni</i>	Elaeagnus; Hippophae, Shepherdia	0.3-0.5
5. <i>F. ceanothi</i>	Ceanothus	0.3-0.4
6. <i>F. discariae</i>	Discaria	0.3-0.4
7. <i>F. coriariae</i>	Coriaria	0.4-0.7
8. <i>F. dryadiae</i>	Dryas	0.5-0.8
9. <i>F. purshiae</i>	Purshia	0.3-0.5
10. <i>F. cercocarp</i>	Cercocarpus	0.3-0.5

(*) (From Veege & Newton, 1984).

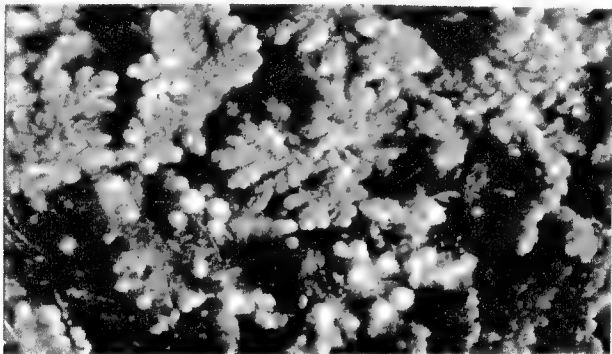
(ب) الأزولا Azolla وطحلب الأنابينا

نوع من السرخسيات المائية ينتشر في البحيرات وجداول المياه والأراضي الغدقة Paddy soils خاصة في المناطق الاستوائية حيث يتكاثر بسرعة عائماً على سطح المستنقعات؛ لذا فهو من الطائفات النباتية Photoplankton ذو أوراق مفصصة ثنائياً وله جذور رقيقة تدلى في الماء إلى عمق 1-2 سم حسب العمر، والأوراق مثلثة الشكل وقطر الورقة يصل إلى 15 سم في الأنواع المسنة، والفص العلوى يستعمل للطفو وخال من الكلوروفيل تقريباً، بينما الفص السفلى به تجويف سطح داخلي مغطى بطبقة لزجة ويتواجد فيه الطحلب الأخضر المزرق المثبت للتروجين الذي يعيش مع السرخس معيشة تكافلية، ويتصلان ببعضهما بواسطة شعيرات دقيقة، حيث يمد خلالها نباتات الأزولا الطحلب المتكافل معه بالمواد الكربوهيدراتية والعناصر الغذائية، بينما يأخذ منه التروجين الذي يثبته ويحتوى جنس الأزولا على ستة أنواع هي: *A. mexicana*, *A. caroliniana*, *A. filiculoides* وهي الأكثر انتشاراً في أوروبا وأمريكا والثلاثة الأخرى *A. nilotica*, *A. microphylla*, *A. pinnata*, منتشرة في المناطق الاستوائية وأعلى النيل وجنوب شرق آسيا.

ويصل نمو الأزولا وقدرتها مع الطحلب المتكافل معها على تثبيت التروجين إلى أعلاها عند تعرضها لضوء الشمس بمعدل 40-50 كيلو لوكس Lux والحرارة المثلى له 5 - 45°م ورقم الحموضة 6-7، ويمكن استعمال الأزولا كلقاح في الأراضي الغدقة المزروعة أرزاً مما يوفر من عملية التسميد الأزوتى بالإضافة إلى ما يمد به التربة من مادة عضوية (سماداً أخضر). والطحلب الأخضر المزرق الذي يوجد داخل نبات الأزولا هو سلالة متخصصة لهذا السرخس؛ ولذا يعرف *Anabaena azollae*، وهو يتبع Order Nostocales - Class cyanophyceae - Family Nostocaceae

ويعيش داخل نبات الأزولا في شكل خيوط لزجة تملأ فجوة الفص السفلى لورقة الأزولا، وخلايا خيط الطحلب برميلية الشكل ويمكن تمييز ثلاثة أنواع من الخلايا:

- 1 - الخضراء، وهى مراكز التمثيل الضوئى وتمثل 60% من خيط الطحلب.
 - 2 - هتيروسست، وهى مراكز تثبيت النتروجين وتمثل 30% من خيط الطحلب.
 - 3 - متجرثمة، وهى ذات جدر سميكة وتمثل مرحلة الجراثيم الساكنة بالطحلب Resting spores وتمثل 10% من خيط الطحلب ويتكاثر الطحلب بإنبات هذه الجراثيم.
- ويمكن الحصول على الأزولا خالية من الطحلب بتنميتها تحت ظروف برودة شديدة مع نقص الإضاءة أو باستعمال المضادات الحيوية كالبنسلين أو الإستربتومايسين.



شكل (11): نبات الأزولا المتكافل معه طحلب الأنابينا *Anabina azollae*

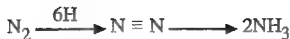


شكل (12): نبات الأزولا

ويتميز الطحلب وهو داخل نبات الأزولا بارتفاع محتواه من خلايا الهيتروست، وبالتالي ارتفاع معدله فى تثبيت النتروجين الذى يصل إلى 250 كجم N/ فدان/ 4 أشهر (موسم الأرز) وهى تعادل نصف طن يوريا أو 1.20 طن سماد سلفات نشادر وتحلل الأزولا فى الأراضى الغدقة بعد 8 - 10 أيام من إضافتها للتربة ويستفيد منها الأرز النامى بعد 20-30 يوما.

4-1-5- ميكانيكية (آلية) تثبيت النتروجين حيويًا

معروف أن غاز النتروجين الجوى N_2 خامل لا يدخل فى التفاعلات الكيماوية بسهولة؛ لهذا يلزم تنشيطه بواسطة إنزيم أو مجموعة إنزيمية متخصصة يطلق عليها Nitrogenases وهذا الإنزيم يوجد فى الميكروبات المثبتة للنتروجين ويعمل على تنشيط النتروجين واتحاده مع الإيدروجين على خطوات حتى تتكون الأمونيا كناتج أساسى لعملية التثبيت.



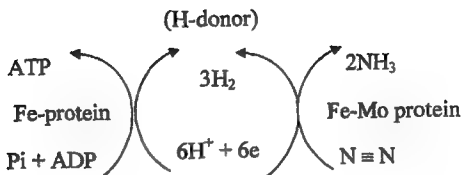
وقد أمكن عزل ذلك الإنزيم عام 1960 من ميكروب *Clostridium pasteurianum* ثم عزل عام 1975 من العديد من الأجناس الأخرى ومنها الريزوبيا، وهو يتكون من جزئين بروتينيين كلاهما أساسى لقيام الإنزيم بعمله

- الجزء الصغير Dinitrogenase reductase أو Iron protein ويحتوى على حديد ولا يحتوى على مولبدنم ووزنه الجزيئى صغير 50 - 70 ألف وحدة وحساس جداً للأكسجين وللبرودة ويحتوى على وحدتي Subunits متشابهتين بكل منها 4 ذرات Fe، 4 مجموعات HS ويشبه الفيرودوكسين.

- الجزء الكبير Fe-Mo- Co Dinitrogenase يحتوى كل من المولبدنم والحديد بنسبة 1:20 والوزن الجزيئى كبير ما بين 100 - 300 ألف وحدة وهو أقل حساسية للأكسجين وغير حساس للبرودة ويتكون من 2 - 4 وحدات متشابهة (ويرجع ذلك لاختلاف الميكروب المعزول منه).

وفى جميع الخلايا الميكروبية المثبتة للنيتروجين فإن النيتروجينيز يوجد فى الغشاء السيتوبلازمى وحساس جداً للأكسجين، ويتلف إذا ما تعرض له؛ لذا يعمل فى جو مختزل (PO_2 تتراوح من 0.01 - 0.2 ضغط جوى) ويقوم الإنزيم بتحويل ATP إلى ADP وتستخدم الطاقة الناتجة فى عملية تثبيت النيتروجين، ويحتاج جزيء النيتروجين إلى 15 جزيء ATP (15 mole ATP/1 N_2 fixed) كما يحتاج إلى مصدر للإمداد بالإيدروجين والإلكترونات وأيضاً يحتاج إلى الماغنسيوم Mg^{++} أثناء نشاطه.

ويقوم الجزء الكبير من الإنزيم بالارتباط بالنيتروجين واختزاله، بينما يتحد الجزء الصغير مع Mg^{++} ATP لتوليد الطاقة اللازمة لاختزال النيتروجين فى الجزء الكبير ويلعب الحديد Fe دوراً فى كلا الجزئين لنقل الإلكترونات اللازمة لعمليات الأكسدة والاختزال.



أى أن عملية التثبيت التروجيني الميكروبي تحتاج إلى عدة مكونات أساسية وهي:

- أ - إنزيم النيتروجيناز بالميكروب .
 - ب - مصدر للطاقة ATP .
 - ج - مصدر للقوة الاختزالية (H-donor) .
 - د - الإزالة السريعة للأمونيا المتكونة فى حالة المعيشة التكافلية، وإلا فإن تراكم نواتج التثبيت تودى لتثبيط الإنزيم.
 - هـ - نظام لحماية النيتروجيناز من التثبيط بأكسجين الهواء الجوى .
- وتوفير الوسط المختزل بأبعاد الأكسجين لا يمثل مشكلة للميكروبات المثبتة اللاهوائية مثل *Clostridium* والاختيارية مثل *Eutrobacter* والممثلة للضوء مثل *Rhodospirillum* لأنها تعمل فى وسط لاهوائى ولا بد من توفره لى تنمو وتنشط .
- أما الميكروبات الهوائية فإنها تلجأ إلى وسائل عديدة لتوفير الوسط المختزل اللازم لعملية التثبيت منها:
- 1 - الطبقة اللزجة السمكية التى تحيط بها الدراكسيا والبيرنجيا خلاياها .
 - 2 - الحماية التنفسية أى معدل التنفس العالى التى تقوم بها الأروتوباكتر لزيادة استهلاك الأكسجين وإنتاج الطاقة ATP وحماية النيتروجيناز من الأكسجين .

3 - قدرة إنزيم النيتروجينيز على التغير في الشكل الفراغي Conformational change في خلايا الأروتواكتر بالذات حيث يتغير التركيب الفراغي لبروتين الإنزيم في وجود الأكسجين، ويفقد قدرته على التثبيت، بينما يعود الإنزيم إلى نشاطه المعتاد بغياب الأكسجين.

4 - القدرة على التغير في الشكل المورفولوجي كما يحدث مع خلايا الأروسييريلم المتعايش مع جذور قصب السكر حيث يتغير من الشكل الواوى Vibrio الى الشكل الكروي Cocci والذي يتميز بوجود كبسول من السكريات الدهنية العديدة Lipopolysaccharides تحيط بخلية أو أكثر وتمح من حركتها وتعطى الحماية له كما أن الكروية الشكل تحتوى على المادة المخزنة PHB بكمية اكبر.

5 - خلايا الهيتيروسست Heterocyst في الطحالب الخضراء المزرقة، وتوجد بها إنزيم النيتروجينيز ولا تحتوى كلوروفيل ولا تقوم بعملية التمثيل الضوئى وإخراج O₂ وبذلك توفر حماية للإنزيم، أما الطحالب التى لا تحتوى على هتيروسست فإنها تقوم بعملية التثبيت تحت ظروف لاهوائية.

6 - صبغة Leg haemoglobin الحمراء فى العقد الجذرية الفعالة للريزوبيا وهى تقوم بعمل المنظم Buffer بالنسبة للأكسجين حول البكترييدات حيث تتحد مع O₂ عند تراكمه وتحرره بالكميات المطلوبة فقط.

7 - قدرة الفرائكيا على التثبيت حتى فى الجو العادى (PO₂ 0.5) يرجع إلى وجود النيتروجينيز فى أوعية ذات جدر خارجية (الانتفاخات بالهيفا يشبه الهيتيروسست فى السيانونبكتريا) وبذلك توفر للإنزيم المثبت PO₂

منخفض بالإضافة الى ارتفاع معدل التنفس بالأوعية مما يخفض PO_2 .
ولقد ثبت أن هيموجلوبين عقد الفرائكيا - حتى وإن وجد - ليس له
دور فى تنظيم O_2 بالعقدة بعكس الريزوبيا.

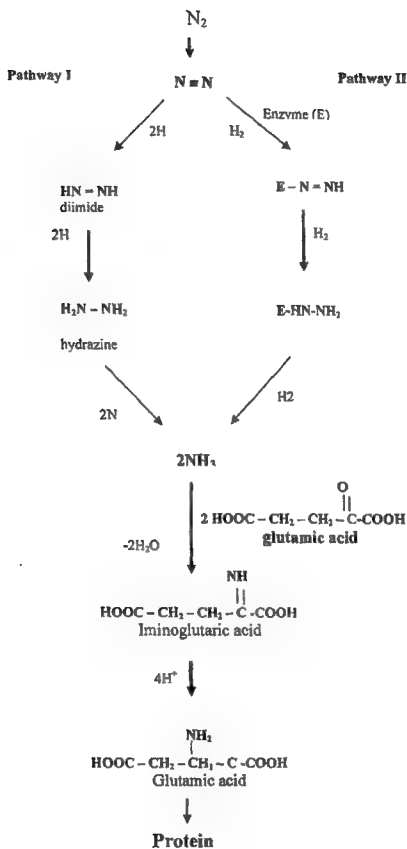
4-1-6 جينات تثبيت النتروجين فى الكائنات بدائية النواة

ويعرف بـ *Nif genes* (مجموعة جينات تصل إلى 18 جينا على الأقل) وقد
أمكن نقل هذا العامل من ميكروب لآخر باستخدام الناقل Phage P1 أو بواسطة
التزاوج. وقد تمكن (Postgate, 1972) من نقل جينات *Nif* من ميكروب
Klebsiella pneumoniae المثبت (*Nif donor*) إلى *E. coli* غير المثبت (*Nif*
recipient) وبالتالي اكتسب *E. coli* صفة التثبيت تحت الظروف اللاهوائية، وتجربى
الآن محاولات لنقل *Nif genes* من الميكروبات المثبتة إلى كائنات أكثر رقيما
كالنباتات الزهرية، ولكن هناك مجموعة من الصعوبات منها:

- صعوبة نقل كل الجينات (أكثر من 18 جينا).
- هناك جينات منظمة لعملية التثبيت Regulations مثل الجينات المنظمة
لإفراز إنزيم Glutamic synthetase.
- توفير الجينات الخاصة بتكوين Leg haemoglobin اللازمة فى طور
البكترويد ويتحكم فى تكوينها النبات العائل.

المركبات الوسيطة لتفاعل التثبيت

الأمونيا هى المركب الوسطى وأمكن إثبات ذلك باستخدام النظير N^{15}
وأيضاً عند إمداد الميكروبات بالأمونيا، فإن عملية التثبيت تتوقف كما يتضح من
المعادلات التالية (شكل 13).



شكل (13): المركبات الوسيطة لتفاعل تثبيت النيتروجين

4-2- اللقاحات المذبذبة للفوسفات

يوجد الفوسفور في التربة الزراعية في صورتين رئيسيتين

* الصورة المعدنية (الفوسفات) مرتبطة بالكالسيوم أو الحديد أو الألومنيوم أو مدمصة على الجزيئات الغروية وعند التسميد الفوسفوري للتربة فإنه يحدث تحولات للفوسفات القابلة للاستفادة بواسطة النبات طبقاً لـ pH التربة.

في الأراضي القاعدية (pH مرتفع) يتحول فوسفات الكالسيوم الأحادية إلى الحالة الثلاثية غير الذائبة وترسب مما يقلل من تيسيرها للنبات، ولكن يمكن استعادتها مرة أخرى بواسطة إفرازات جذور النباتات وميكروبات الريزوسفير.

أما الأراضي الحمضية (pH منخفض) فإن الفوسفات الذائبة ترسب في صورة فوسفات حديد أو ألومنيوم وهي شديدة المقاومة لعملية الإذابة مما يؤدي إلى ظهور أعراض نقص الفوسفور على النباتات.

* الصورة العضوية تمثل جزءاً كبيراً من فوسفور التربة حيث تحتوي البقايا النباتية على 0.1 - 0.3% فوسفور، أما أجسام الميكروبات فتحتوي على نفايات أكبر (البكتريا 1-3%، ميسيليوم الفطريات 0.5 - 1%). والفوسفور العضوي يوجد في صورة أحماض نووية - فوسفوليبيدات الفيتين - الليسيتين - المرافقات الإنزيمية... الخ وذلك في الصورة المؤكسدة $PO_4^{=}$ (بعكس S, N فهما في الصورة المختزلة $-NH_2$, SH)، ويرجع ظهور أعراض نقص الفوسفور على النباتات أساساً إلى نقص الفوسفور الميسر (القابل للاستفادة للنبات) وليس إلى الكمية الكلية بالتربة.

وتلعب ميكروبات التربة دوراً هاماً في تيسير الفوسفور بالتربة للنبات منها

1- معدنة وتحجير الفوسفور العضوي بواسطة الميكروبات عضوية التغذية Chemoorganotrophs مثل *Bacillus*, *Pseudomonas*, فطريات *Aspergillus*.

2- إذابة الفوسفات المعدنية المرسبة بالتربة بواسطة ما تفرزه ميكروبات الريزوسفير من أحماض، كأي أثناء عمليات الأيض الغذائي.

3- تكوين مواد مخلبية Chelating compounds مثل أحماض كيتوجلوكونيك، السكسينك والخلليك مع بعض الكاسيات مثل الكالسيوم والحديد، مما يساعد على إذابة الفوسفات.

4- بكتيريا التارت وأكسدة الكبريت تفرز أحماض النيتريك والكبريتيك التي تلعب دوراً في إذابة الفوسفات.

وقد أمكن الاستفادة من الميكروبات المذبة للفوسفات سواء المعدنية أو العضوية في زيادة جهازية الفوسفات في التربة وتم تحضير لقاح بكتيري أطلق عليه "فوسفوبكترين"، وهو عبارة عن سلالة بكتيرية *B. megatherium* var. phosphaticum محمل على مادة الكاولينيت Kaolinite أو على مادة عضوية وتلقح به جذور النباتات أو البذور. وبجانب إذابة للفوسفات فالميكروب يفرز منشطات نمو للنبات ولبكتيريا الأزوتوباكتر.

تأثير نسبة C/P في التربة

وما هو جدير بالذكر أنه إذا أضيفت للتربة مادة عضوية فقيرة في الفوسفور فإن ميكروبات التربة لا تجدد من الفوسفات ما يكفي لبناء أجسامها وبالتالي تلجأ إلى الفوسفور الميسر في التربة وتثبيته داخل أجسامها مما يقلل من جهازية الفوسفور للنبات ويعرف ذلك بعملية Immobilization وهو فقد مؤقت حيث سرعان ما تموت الميكروبات وتحلل أجسامها وينفرد الفوسفور مرة أخرى؛ ولذا ينصح بإضافة السماد العضوي قبل الزراعة بفترة كافية حتى تتم عمليات تحلل المادة العضوية والفقيد المؤقت في العناصر مبكراً ولا يتأثر بها النبات. أما إذا أضيفت مادة عضوية غنية بالفوسفور فإن الميكروبات تجد ما يكفيها من الفوسفور لبناء أجسامها وزيادة وبالتالي تحدث عملية معدنته Meneralization، أي أن نسبة C/P ratio في المادة المضافة هي التي تحدد حدوث المعدنة أو الفقيد المؤقت، فإذا ضاقت (قلت) النسبة (أقل من 1:200) فيحدث معدنة وإذا اتسعت (زادت) عن 1:300 (حوالي 0.2% من المحتوى العضوي) يحدث فقد.

تأثير الميكوريزا Mycorrhizae حيث تستطيع إمداد النباتات المتعايشة معها بالفوسفور الميسر حيث يفرز الفطر أحماضاً تذيب الفوسفور غير الذائب ويمتصه عن طريق شبكة الهيفات وتمد به النبات المتكامل معها والذي يمد الفطر بدوره بالمواد الكربوهيدراتية الميسرة والعناصر الغذائية. ويتم التلقيح بواسطة جراثيم الفطر المأخوذة من التربة المصابة مباشرة، حيث لم يتم إلى الآن على مستوى العالم عزل وتنمية هذه الفطريات على أوساط غذائية في المعمل.

وأهم الميكروبات السائدة في المناطق المعتدلة والمذيبة للفوسفات هي *Streptomyces*، *Bacillus*، *Pseudomonas*، وتزداد في منطقة الريزوسفير حيث يصل إلى 30 - 50% من العدد الكلى للميكروبات.

3-4- اللقاحات المذيبة للعناصر المعدنية

مثل الكبريت والحديد والبوتاسيوم والمنجنيز والزنك والسليكون حيث تقوم ميكروبات التربة بمعدنة العناصر الموجودة في الصورة العضوية وزيادة جهازيها وتيسيرها للنبات أو تقوم بعملية أكسدة الصور المختزلة أو العكس اختزال الصور المؤكسدة مما يزيد تيسير العناصر للنبات، علاوة على ذلك فإن هناك عملية الفقد Immobilization حيث تثبت العناصر المعدنية في أجسام الميكروب مما يحرم النبات من الاستفادة منها ولكنه فقد مؤقت، حيث سرعان ما تموت الميكروبات وتحلل وتنطلق العناصر مرة أخرى، وأهم اللقاحات بكتيريا السليكات وهي البكتيريا من جنس *Bacillus* قادرة على تحويل البوتاسيوم من الصورة غير الذائبة إلى الصورة الذائبة الصالحة للامتصاص بواسطة النبات عن طريق تكوين أحماض عضوية تتفاعل مع مركبات سليكات البوتاسيوم مثل الأرثوكلاز Orthoclase ويتحرر البوتاسيوم.

الشروط الواجب مراعاتها في اللقاح الميكروبي (المخصب الحيوي)

- 1 - القدرة على إحداث وتكوين عقد بكتيرية في مختلف الظروف.
- 2 - له قدرة تنافسية كبيرة مع السلالات الموجودة أصلاً في الحقل.

- 3 - يلزم التعامل مع المخصب الحيوى بعيداً عن ضوء الشمس .
- 4 - له القدرة على تحمل عوامل التخزين واستعادة النشاط بعد التخزين .
- 5 - إضافة محلول صمغى للتقاوى قبل خلطها مع المخصب الحيوى وترك
لتجف هوائياً، ثم تبذر وتروى الأرض مباشرة، حيث ثبت أن تلقيح
البذور أفضل من الإضافة المباشرة للتربة .

4-4- إنتاج اللقاحات الميكروبية على نطاق تجارى

إن إنتاج الكتلة الحيوية الميكروبية التى تستخدم كلقاح أو سماد حيوى للتربة وأيضاً كمبيدات حيوية أو كعلف حيوانى غنى بالمواد البروتينية والفيتامينات يتطلب استخدام مفاعلات حيوية Bioreactors أو مخمرات Fermentors ضخمة والتى يختلف شكلها وحجمها حسب كمية المنتج المطلوب، وتصنع المفاعلات المستخدمة على المستوى العملي من الزجاج السميك المتحمل لحرارة التعقيم، إما على المستوى الصناعى فتصنع من الحديد غير القابل للصدأ أو الأبنية الخرسانية كما فى محطات معالجة الصرف الصحى . ويتم التحكم داخلها فى العوامل البيئية والمزرعية السائدة مثل درجة الحرارة ودرجة الحموضة وتركيز الهواء وتركيز المادة الخام وسرعة التقليب وهكذا .

4-4-1- عناصر العملية الحيوية (المفاعل الحيوى)

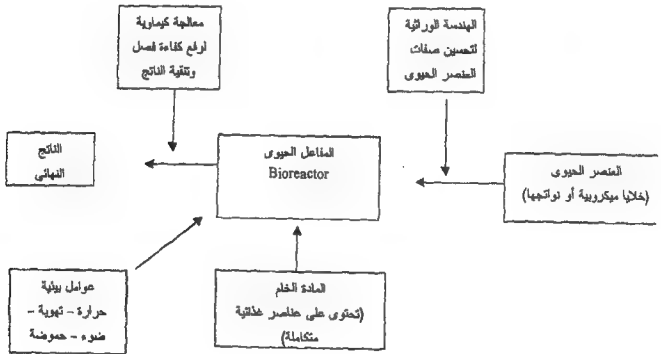
1 - العنصر الحيوى وهو خلايا أحد الكائنات الدقيقة مثل الخمائر أو البكتيريا أو الفطريات أو الطحالب ويقوم بإنتاج المنتج المطلوب، وقد يكون فى صورة نقية كما فى حالة إنتاج المركبات الدوائية والصناعية المختلفة أو عبارة عن خليط من مجاميع ميكروبية مختلفة فى حالة الأسمدة الحيوية .

2 - المادة الخام اللازمة لنمو وتكاثر الميكروبات وهى فى الأساس نواتج ثانوية مهمة لصناعات أخرى مثل المولاس الناتج من صناعة السكر أو شرش اللبن الناتج من صناعة الألبان أو الباجاس، واستخدامها ذو فائدة مزدوجة اقتصادية (رخيصة) وحماية البيئة من آثار تراكمها .

3 - العوامل البيئية من حرارة - تهوية - حموضة - ضوء - ضغط - أسموزية وذلك للتحكم فى أنسب الظروف المواتية لنمو العنصر الحيوى لإعطاء أكبر نمو ممكن.

4 - الهندسة الوراثية لتحويل وتحسين صفات العنصر الحيوى مثل إدخال جينات فى الكائن الحى الدقيق قادرة على إنتاج إنزيمات أو هرمونات أو فيتامينات مطلوبة، أو زيادة الكفاءة الإنتاجية للميكروبات، ومثل زيادة كمية تثبيت النتروجين أو زيادة معدل تحليل المواد الهيدروكربونية المعقدة، وهكذا وهى صيغة العصر.

5 - المنتج النهائى وأحياناً تجرى عليه عمليات فصل وتنقية وتركيز (معالجة كيمائية) ليس هذا مجالها، والشكل التالى (14) يوضح عناصر العملية الحيوية.



شكل (14): رسم تخطيطى يبين عناصر العملية الحيوية الميكروبية

4-2-4-2- كفاءة السلالة الميكروبية المستخدمة

لحسن سير العمل فى المفاعلات الحيوية وضمان ثبات الإنتاج بواسطة السلالات الميكروبية المستخدمة كعناصر حيوية يجب على المختصين إجراء مجموعة من القياسات الحيوية للوقوف على نشاط السلالة وضمان عدم حدوث تغيرات تؤدي إلى ضعف كفاءتها أو نقص نقاوة المنتج النهائى الذى ينعكس على المردود الاقتصادى لهذه الصناعة.

ومن أهم القياسات المستخدمة فى هذا المجال.

أ) تتبع منحى النمو الميكروبي للوقوف على أى تغير فى الوقت الذى يستغرقه كل طور من أطوار النمو

ومعلوم أن معظم الكائنات الحية الدقيقة تتكاثر بطريقة الانقسام الثنائى البسيط Binary fission حيث تنقسم الخلية إلى خليتين ثم أربع وهكذا وهو ما يعرف بالنمو اللوغارىتمى أو الزيادة تبعاً لمتوالية هندسية،

$$\begin{array}{l} \text{عدد الخلايا} \\ 1 \leftarrow 2 \leftarrow 4 \leftarrow 8 \leftarrow 16 \leftarrow 32 \leftarrow 64 \dots\dots N \\ \text{المتوالية} \quad 2^0 \quad 2^1 \quad 2^2 \quad 2^3 \quad 2^4 \quad 2^5 \quad 2^6 \dots\dots 2^n \end{array}$$

أى أن عدد الخلايا بعد عدد n من الانقسامات

$$N = 1 \times 2^n$$

ولو تم البدء ببلقاح مقداره N_0 فتكون عدد الخلايا

$$N = N_0 \times 2^n$$

$$\text{Log } N = \text{Log } N_0 + n \text{ Log } 2$$

$$n = \frac{\text{Log } N - \text{Log } N_0}{\text{Log } 2} = 3.32 (\text{log } N - \text{Log } N_0)$$

حيث n = عدد مرات التضاعف أو عدد الأجيال فى زمن قدره t .

$\text{Log } N_0$ = لوغاريتم أعداد الخلايا الحية فى بداية الفترة الزمنية المختارة (t_0)

$\text{Log } N$ = لوغاريتم أعداد الخلايا الحية فى نهاية الفترة الزمنية المختارة (t_f)

$$0.302 = \text{Log } 2$$

وبمعرفة عدد الأجيال (n) يمكن معرفة الوقت الذى يأخذه كل انقسام ويعرف بوقت التضاعف أو مدة الجيل (G) Generation time وهى صفة ثابتة لكل سلالة ميكروبية ويختلف طوله من سلالة أخرى ويقاس بالدقائق وأحياناً بالساعات حسب الميكروب المستخدم.

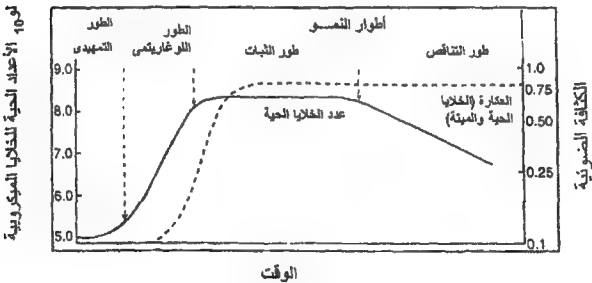
$$g = t / n \quad \text{من المعادلة}$$

حيث t = هو الزمن الذى استغرقت العملية الحيوية أى $t_0 - t_f$

n = عدد الأجيال أو مرات التضاعف فى الزمن t

$$g = \text{عمر الجيل}$$

وعند تلقيح سلالة ميكروبية معينة فى بيئة نمو ما ونحضرها على درجة الحرارة والمدة المناسبين وأخذ عينات منها على فترات زمنية متقاربة وتقدير أعداد الخلايا (الحية والميتة) فإن سلوكها يأخذ شكل المنحنى التالى الذى يسمى بمنحنى النمو.



شكل (15): منحنى النمو البكتيرى بمراحله الأربعة

ويتضح من هذا المنحنى أن الكائن الحى الدقيق يمر بأربع مراحل (أطوار) رئيسية هي:

1- الطور التمهيدى Lag phase

ويعتبر طور التأقلم ويتم فيه تأقلم الخلايا على البيئة الجديدة وفيه تزداد الخلايا فى الحجم، ولا يكون هناك زيادة فى العدد وتنشغل كل خلية بتخليق ومضاعفة مكوناتها الداخلية.

2- طور الزيادة أو اللوغاريتمى Log phase

وفيه تزايد أعداد الخلايا بطريقة لوغاريتمية مع الزمن نظراً لتوافر الغذاء والظروف البيئية المناسبة وتكون الخلايا فى أنشط حالاتها الفسيولوجية ويتم فيه حساب عمر الجيل ومعدل التضاعف. ويجب المحافظة على المزرعة الميكروبية فى هذا الطور للحصول على أعلى إنتاجية ممكنة.

3- طور الثبات Stationary phase

وفى هذا الطور تتساوى معدلات موت الخلايا مع معدلات النمو؛ ولذا تظل أعداد الخلايا ثابتة وهو أفضل طرر للفحص المجهري (المورفولوجى والتشريحي) للخلايا حيث تكتمل فيه المكونات الداخلية وتبدأ الخلايا فى التجزئ.

4- طور الهبوط أو التناقص Decline phase

وفيه تفوق معدلات الموت معدلات النمو؛ ولذا فإن أعداد الخلايا تتناقص تدريجياً لقلة الغذاء وارتفاع تركيز النواتج الوسيطة للأيض الغذائى (التثبيط الرجعى).

ب) حساب معدل النمو (K)

معدل نمو الخلايا هو عبارة عن كمية النمو للخلايا فى وحدة الزمن، وحيث إننا نستخدم هنا عدد مرات التضاعف خلال فترة زمنية معينة على أنها مقياس للنمو فيجب أن ينظر على معدل النمو على أنه عدد مرات التضاعف فى الساعة الواحدة؛ ولذلك فإن معدل النمو (K) يساوى مقلوب مدة الجيل (G) أى أن:

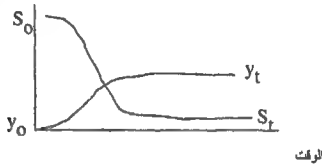
$$K = n/t \quad \text{or} \quad K = 1/G$$

جد) تقدير إنتاجية الخلايا (Yc)

ويقصد بإنتاجية الخلايا كمية الخلايا الناتجة عن النمو نتيجة استهلاك وحدة الوزن (1 كجم) من وزن المادة الخام المستخدمة في هذه الصناعة.

وتقدر عن طريق تلقيح السلالة الميكروبية المستخدمة في الصناعة في بيئتها المناسبة وتحضينها على درجة الحرارة المناسبة وأخذ عينات على فترات زمنية متقاربة وتقدير كل من وزن الخلايا وتركيز المادة الخام في المفاعل الحيوى كما هو موضح فى الرسم التالى، ثم استخدام المعادلة التالية له فى حساب إنتاجية الخلايا.

تركيز الناتج النهائى & المادة الخام



$$y_c = \frac{y_t - y_0}{s_0 - s_t} \quad \text{حيث إن:}$$

Yield of cells = إنتاجية الخلايا = Yc

y_0 = تركيز الخلايا عند أخذ أول عينة وبعد التلقيح مباشرة (زمن = صفرا).

y_t = تركيز الخلايا بعد زمن قدره t من بداية التحضين.

S_0 = تركيز المادة الخام عند أخذ أول عينة وبعد التلقيح مباشرة (زمن = صفرا).

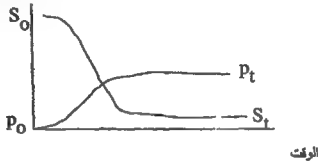
S_t = تركيز المادة الخام بعد زمن قدره t من بداية التحضين .

(د) تقدير إنتاجية المنتج النهائي (Y_p)

ويقصد بإنتاجية المنتج النهائي : كمية ناتج النمو نتيجة استهلاك وحدة الوزن (1 كجم) من وزن المادة الخام المستخدمة فى هذه الصناعة .

وتقدر عن طريق تلقيح السلالة الميكروبية المستخدمة فى الصناعة فى بيئتها المناسبة وتحضينها على درجة الحرارة المناسبة وأخذ عينات على فترات زمنية متقاربة وتقدير كل من تركيز الناتج النهائي وتركيز المادة الخام فى المفاعل الحيوى كما هو موضح فى الرسم التالى ، ثم استخدام المعادلة التالية له فى حساب إنتاجية الناتج النهائي .

تركيز الناتج النهائي عند المدة t للعلم



$$Y_p = \frac{P_t - P_0}{S_0 - S_t}$$

حيث إن :

Y_p = إنتاجية المنتج Yield of product

P_0 = تركيز المنتج عند أخذ أول عينة وبعد التلقيح مباشرة (زمن = صفرا) .

P_t = تركيز المنتج بعد زمن فترة t من بداية التحضين .

S_0 = تركيز المادة الخام عند أخذ أول عينة وبعد التلقيح مباشرة (زمن = صفرا) .

S_t = تركيز المادة الخام بعد زمن قدره t من بداية التحضين .

مثال: فى مصنع لإنتاج خميرة الخباز من مادة المولاس وخلال دورة التشغيل أخذت عينات من المخمر الحيوى وأجريت التحليلات لها وكانت كما يلى :

1- عدد خلايا الخميرة عند بداية التشغيل 10^3 خلية / مل وعند نهاية التشغيل بعد 24 ساعة بلغت 2.2×10^8 خلية/ مل من المزرعة.

2- تركيز السكر فى بداية ونهاية دورة التشغيل 205 كجم/م³ و 5.0 كجم/م³ من المزرعة على الترتيب.

3- تركيز خلايا الخميرة في بداية ونهاية فترة التشغيل 0.7 و 82.7 كجم خميرة جافة/م³ من المزرعة علي الترتيب.

احسب ما يلى: مدة الجيل ومعدل النمو وإنتاجية الخميرة بالنسبة لوحدة الوزن من المولاس علما بأن تركيز السكر في المولاس 50%.

الإجابة:

أولاً: حساب عدد الأجيال طبقاً للمعادلة:

$$\begin{aligned} n &= \frac{\log N_t - \log N_0}{0.302} \\ &= \frac{\log 2.2 \times 10^8 - \log 1 \times 10^3}{0.302} \\ &= \frac{(0.322 + 8.0) - 3}{0.302} \\ &= 17.5 \quad (\text{جيل}) \end{aligned}$$

ثانياً: حساب مدة الجيل طبقاً للمعادلة:

$$\begin{aligned} G &= t / n \\ &= 24 \times 60 / 17.5 \\ &= 82.3 \text{ دقيقة} \end{aligned}$$

ثالثاً: حساب معدل النمو طبقاً للمعادلة:

$$\begin{aligned} K &= 1 / G \\ &= 1 / 82.3 \text{ min} = 1 / 1.37 \text{ hr} \\ &= 0.73 \text{ مرة في الساعة} \end{aligned}$$

رابعاً: حساب إنتاجية الخميرة طبقاً للمعادلة:

$$\begin{aligned} Y_c &= (X_t - X_0) / (S_0 - S_t) \\ &= (82.7 - 0.7) / (205 - 5) \\ &= 0.41 \text{ kg yeast/kg sugar} \end{aligned}$$

وحيث إن تركيز السكر في المولاس 50% أى أن كل 1 سكر يأتى من 2 كجم مولاس إنتاجية الخميرة من المولاس = $0.41/2 = 0.205$ كجم خميرة/ كجم مولاس

الباب الخامس

التسميد العضوى Organic Fertilization

إن أهمية المادة العضوية فى تحسين خصوبة التربة وزيادة إنتاجيتها معروفة منذ قدماء المصريين، حيث شوهذ على جدران المعابد رسومات لقطع السنابل وفصل الحبوب، أما المخلفات فكانت تترك فى الحقل كغذاء للحيوانات أو لتتحلل فى التربة .

والمكون العضوى من التربة يشمل المخلفات النباتية والحيوانية وأجسام كائنات التربة الدقيقة فى درجات مختلفة من التحلل ويعرف ذلك بالدبال Humus وهو مادة غروية بنية مسودة اللون تتكون من مجموعتين من المواد: الأولى محددة التركيب هى الكربوهيدرات (كالنشا والسليولوز والشيتين والفينولات) والبروتينات والدهون والملجنين والراتنجات، وتمثل 10-15% من الدبال والأخرى مواد معقدة ذات وزن جزيئى كبير مثل حمض الهيوميك وحمض الفللفيك والهيومين وتمثل 85-90% كميًا .

حمض الفللفيك Fulvic acid

وهو مادة غير بلورية لونه أصفر أو بنى ذو وزن جزيئى عال، عبارة عن خليط من عدة مواد . ذوبانه عال فى الماء والكحول والحامض والقلوية ونسبة الكربون الحلقى بسيطة والكربون فى سلاسل جانبية، وللحامض القدرة على عملية التبادل الأيونى نتيجة وجود المجاميع النشطة مثل الكربوكسيل والكربونيل والفينول والأمين، وهو حمض ضعيف وأملاحه ذائبة فى الماء وهام فى إذابة مكونات التربة المعدنية .

حمض الهيوميك Humic acid

مركب معقد ذو وزن جزيئي عال يحتوى على حلقات عطرية ويشبه حمض الفلبيك من حيث احتوائه على المجاميع النشطة والقدرة على عملية التبادل الأيوني، وهو أيضاً حمض ضعيف يساهم فى زيادة القدرة التنظيمية للتربة ولكن أكثر نضجاً ووزناً جزيئياً من الفلبيك.

الهيومين Humin

الجزء غير الذائب (من المواد الدبالية) بواسطة المحلول القلوى - ويعد أكثر تعقيداً من سابقيه حيث يرتبط مع معادن الطين، وترجع أهميته إلى دوره فى تكوين الحبيبات المتجمعة Aggregates، ويعتبر مخزناً للعناصر الغذائية للنبات، ويعمل كمهد مناسب لإنبات البذور، وأيضاً يقوم بتكوين مركبات مخلبية مع العناصر الصغرى كالحديد والزنك والمنجنيز مما يزيد من تيسيرها للنبات.

ومما هو جدير بالذكر أن مساهمة الدبال فى زيادة السعة التبادلية الكيتونية يصل إلى 162-360 ملليمكافى/ 100 جم تربة مقارنة بمعدن طين الكاولينيت فهى 3-100/ 15 جم تربة فقط أما المونتموريلليت حوالى 8-150 ملليمكافى/ 100 جم تربة.

كما أن النشاط الحيوى يرتبط أساساً بالمكون العضوى لأن أغلب الميكروبات غير ذاتية التغذية (هتيروتروفية) تعتمد على الكربون العضوى كمصدر للطاقة وبناء أجسامها، كما أن المكون العضوى يعتبر مخزناً للعناصر الغذائية ومهداً لكائنات التربة، حيث تؤدي عملية معدنة الميكروبات للمخلفات العضوية إلى تيسير العناصر للنبات كالتروجين والفوسفور والكبريت، وأيضاً الأحماض التى تفرزها الكائنات الدقيقة يؤدي إلى إذابة وتيسير العناصر من الصخور والمركبات الحاملة له مثل البوتاسيوم والعناصر الدقيقة.

ولذا من المهم استعراض أنواع الأسمدة العضوية المختلفة وطرق إنتاجها..

1-5-سماد المزرعة (الساباخ البلدى) Farm yard manure

سماد المزرعة هو خليط من مخلفات الحيوانات (المجتررة أو الناقلة أو الدواجن) مع الفرشة (التراب أو القش أو نشارة الخشب) وهو فقير فى تركيبه، حيث يحتوى النوع الجيد على 1% مادة عضوية و 0.35% نتروجين ويرجع ذلك إلى أخطاء عديدة فى تحضيره وطرق استعماله..

جدول (22): مقارنة بين تركيب مخلفات الحيوانات المجتررة والدواجن..

المكونات	حيوان 500 كجم يفرز 41 كجم روث وبول		دواجن 2 كجم يفرز 1 كجم
	روث	بول	
N	0.6%	0.5%	1.4%
P ₂ O ₅	0.3%	0.3%	1.1%
K ₂ O	0.7%	0.7%	0.6%
مادة جافة	25%	10%	25%

أولاً: تركيبه: يتكون من ثلاثة أجزاء رئيسية هي:

أ - الروث Feces: وهو الجزء غير المهضوم من غذاء الحيوان ويختلف تركيبه طبقاً لنوع الحيوان وعمره وطبيعة العمل الذى يؤديه ونوع العلف الذى يتناوله ..

ب - البول Urine: أهم العناصر الموجودة فى البول هى الآزوت والبوتاسيوم، وأيضاً يختلف من حيوان لآخر حسب النوع والسن وطبيعة العمل ونوع العلف ..

ج - الفرشة Bedding: هى التى توضع أسفل الحيوانات لامتصاص البول والروث ومنع البلل، والفرشة المعتادة هى التراب أو قش الأرز أو عروش الخضروات والفواكه أو نشارة الخشب، وأقلها فائدة هى التراب الذى يؤدي لانخفاض القيمة السمادية وتقوم الكائنات الدقيقة بتحليل

المواد العضوية الآزوتية متتجة الدبال بجانب غازات ك CH_4 ، الميثان والأمونيا ولذا يضاف أحيانا الجبس الزراعى وسوبر فوسفات لتثبيت الأمونيا وعدم فقدها، كما أنه تنتج حرارة فى الكومه تصل إلى 65 - 70°م فى المفككة، بينما تقل فى المدكوة إلى 40 - 45°م وتؤدى الحرارة إلى فقد كبير فى المواد الغذائية بالسباخ.

ثانياً: كيفية التحضير

- ينبغي أن تكون أرض الزرائب مدكوة أو أسمتية حتى لا تنفذ السوائل السمادية القيمة منها ومرتفعة السقوف للتهوية والإضاءة.
- يفضل أن يكون التراب المستعمل كفرشة جافاً ناعماً غير مالح وأن يخلط مع قش الأرز أو التبن أو أوراق وعروش الخضروات والفواكه أو مصاصة القصب حتى يمتص البول وسوائل الروث.
- يتم إخراج السماد كل بضعة أيام وتكرر خارج الزرائب فى حفر بعمق 0.75 - 1م أو على رأس الحقل لحين الاستخدام مع التغطية بطبقة من الطين أو البلاستيك لحمايتها من الأمطار والرياح.
- يراعى الترطيب بالماء من آن لآخر خاصة فى أشهر الصيف الحارة.
- يفضل إضافة الجبس الزراعى أو صخر الفوسفات مع الفرشة بمعدل 2 كجم/حيوان/ أسبوع للمعد من فقد الأمونيا.

مرحلة النضج

السماد الناضج يصل إلى حالة اتزان بسرعة مع التربة ولا يحدث خللاً فى تيسير العناصر الغذائية للنبات فيما يعرف بـ Immobilization أي التثبيت المؤقت فى أجسام الميكروبات، كما أن عملية النضج تؤدى لخفض الحجم إلى 50 % ويساعد على موت بذور الحشائش المرضية والحشرات والقوارض بسبب ارتفاع درجة الحرارة. ويفضل إضافة السماد الناضج مباشرة قبل وضع البذور، بينما غير الناضج يحتاج إلى أربعة أسابيع قبل الزراعة.

(1) السماد البارد: Cold manure

هذا النظام يتبع في وسط أوروبا حيث يجمع السماد يومياً ويكوم ويدك جيداً لتوفير الظروف اللاهوائية ولا ترتفع درجة الحرارة عن 30°م والفائدة تقليل الفقد في الأمونيا بالتطاير (10% فقط) وأيضاً عموت كثير من بذور الحشائش والميكروبات المرضية لنقص الأكسجين. ويعاب عليها تكوين نواتج التخمر اللاهوائي الوسطية الضارة.

(2) السماد الحامي: Warm manure

يستفاد من مميزات الظروف الهوائية واللاهوائية حيث تضاف طبقات السماد إلى الكومة تدريجياً، حيث تترك الأولى للتحلل الهوائي (2-4 أيام) وتصل الحرارة إلى 50°م فتضاف الطبقة التالية وعندئذ فإن الطبقات السفلى تتوافر فيها الظروف اللاهوائية وتنخفض الحرارة إلى 30°م وتتميز بالتخلص من معظم بذور الحشائش والمسببات المرضية، ولكن يحتاج إلى خبرة وعمالة كبيرة ويرتفع فقد عنصر الأمونيا بالتطاير إلى 24%.

رابعاً: كيفية الاستعمال:

- يتم نثر السباخ على الأرض ويحرث فيها مباشرة، أما تكويمه في كومات مبشرة في الحقل أو تركه مدة طويلة قبل الحرث يعرضه لفقد قيمته السمادية وعناصره الغذائية حيث يتعرض النتروجين للفقد بالتطاير في صورة نشادر أو أكاسيد نتروجينية أو بالغسيل عند سقوط الأمطار.
- السماد المنتج في الشتاء يضاف في أول الربيع والمنتج في الصيف يضاف في الخريف.

5-2- سماد كمبوست المزرعة (سماد الكمورة) Farm compost

هو المتحصل عليه من التحلل الهوائي للفضلات النباتية (مخلفة الحقل) لقش الأرز وأحطاب القطن والذرة بعد تقطيعها أو عروش الموز والبنجر والطماطم

وغيرها من الخضروات ونواتج تقليم الأشجار والحشائش . حيث يتم كمر المخلفات فى كومات أو مصفوفات مع عملية التقليب المستمرة للتهوية وإضافة (الرش) الماء للمحافظة على نسبة الرطوبة اللازمة للنشاط الميكروبي فى حدود 70 - 80% وخفض درجة حرارة الكومة حتى لا تصل إلى مرحلة الاشتعال الذاتى غير المطلوبة مع إضافة الأزوت والفوسفور اللازمين لتغذية الكائنات الدقيقة ولرفع القيمة السمادية للكمبوست .

أولاً: مراحل التحلل،

بداية تقوم الميكروبات الهوائية العالقة بالمخلفات سواء كانت بكتيريا أو أكتينوميستات أو سيتوفاجا أو فطريات بتحليل المواد السليولوزية والشيتينية والبكتينية والدھنية مما يؤدى لارتفاع نسبة اللجنين الصعب التحلل وأيضاً نسبة البروتين نظراً لزيادة الكتلة الخلوية الميكروبية، وأيضاً ترتفع درجة حرارة الكمورة إلى 65-80(م نتيجة الطاقة الناتجة عن التفاعلات الأيضية الميكروبية، وهنا تلعب الميكروبات المحبة للحرارة العالية (الثرمو فيلية) دوراً كبيراً، والمفروض ألا تصل الكمورة إلى مرحلة الاشتعال أو مرحلة التعفن، حيث تسود الظروف اللاهوائية بها ثم يلي ذلك مرحلة ما قبل النضج حيث تنخفض سرعة التحلل نتيجة مهاجمة المواد الصعبة كاللجنين وتنخفض درجة حرارة الكومة ثم الدخول فى مرحلة النضج حيث يتكون من الأحماض الدبالية وتزداد أعداد الميكروبات وتصل نسبة C/N إلى 1:20 .

ثانياً: كيميائية التحضير

- تكوم المخلفات النباتية فى صورة طبقات ارتفاع كل منها نصف متر تقريباً وترش بالماء ويضاف إليها سلفات النشادر وسوبر الفوسفات و كربونات الجير لمعادلة التأثير الحامضى للسلفات، وتغطى بالتراب أو القش أو البلاستيك مع مراعاة الترطيب المستمر وفى حدود 70 - 80% رطوبة بحيث لا يكون السماد جافاً أو مشبعاً غدقاً بالماء .

- تقلب الكومة كل شهر تقريباً مع إعادة التكوين حتى تتجانس كافة أجزاء الكومة ، ويكرر هذا العمل حتى تنضج الكومة فى حدود 3 - 10 أشهر حسب نسبة المواد الخشبية بالفضلات .

- يخزن سماد المكورة إلى حين الاحتياج إليه بحمايته من الشمس والرياح ومداومة الترطيب بالماء ، ويعطى الطن الواحد من الفضلات حوالى 2.5م3 سماد عضوى.

ثالثاً: الاحتياجات

- استخدام الفضلات عديمة القيمة مثل قش الأرز وحطب القطن وعروش الخضرروات والفاكهة ومصاصة القصب، بينما قش القمح والشعير وأحطاب الذرة تستعمل كغذاء حيوانى.
- يفضل عمل الكومات على رأس الحقل نفسه لتقليل نفقات النقل.
- يفضل تقطيع المخلفات مثل أحطاب القطن وعروش الخضرروات إلى قطع صغيرة للإسراع من تحللها.
- أحياناً تلقح الكومة بتربة خصبة كمصدر للميكروبات ولسرعة التحلل.
- مراعاة الترطيب المستمر لخفض حرارة الكومة مع التقليب للتهوية اللازمة. - تجنب بقايا النباتات التى تم رشها حديثاً بالمبيدات الكيماوية والنباتات المصابة بالأمراض والحشائش المعمرة.

3-5- الأسمدة الخضراء Green manures

هى محاصيل تزرع ليس بغرض الاستعمال الأدمي أو الحيوانى، ولكن لكى تُقلب (تُحرث) فى الأرض وهى خضراء لزيادة محتوى التربة من المادة العضوية ولتحسين خواصها، ولكن نظراً لزيادة عدد السكان ونقص الأراضى الزراعية بسبب المبانى وشدة الطلب على المنتجات الزراعية فإن هذا الأسلوب قد اندثر تماماً، وأصبح غير مجد ولكن ينصح باستخدامه فى الأراضى الصحراوية والمستصلحة حديثاً، وتستخدم عادة النباتات البقولية نظراً لارتفاع نسبة التروجين المثبت فى عُقد جذورها وانخفاض نسبة السليلوز واللجنين، كما تفضل النباتات صغيرة العمر لسهولة تحللها فى حين النباتات المسنة تتحلل ببطء ولكنها تعطى كمية دبال أكثر أى أن عمر النباتات المستخدمة كسماد أخضر يلعب دوراً فى كمية الدبال الناتجة وتيسير العناصر للنبات.

كما أن الأسمدة الخضراء تلعب دوراً في حماية التربة من الانجراف بسبب عوامل التعرية كالرياح الشديدة والأمطار الغزيرة، وينبغي قلب النباتات في التربة لمدة لا تقل عن شهر ونصف من زراعة المحصول التالي حتى لا يؤثر على إنبات التقاوى نظراً لزيادة نسبة CO_2 في هواء التربة وأيضاً يسبب أضراراً لجذور البادرات .

وتحترق النباتات عميقاً بالأراضي الخفيفة عن الأراضي الثقيلة تجنباً لسرعة تحلل المادة العضوية، كما يجب توفر الرطوبة المناسبة للنشاط الميكروبي . ويختلف محتوى التربة من التتروجين بعد زراعة محصول بقولى عنه لو كان غير بقولى حيث يتراوح من 15 كجم/ فدان بالنسبة للقول البلدى إلى 100 كجم/ فدان بالنسبة للبرسيم أربع حشات، بينما تراوحت 35 - 50 كجم/ فدان للعدس والتمرسم والفاصوليا .

4-5- سماد وعلف زرق الطيور

يوجد حوالى 12 مليون طن مخلفات حيوانية سنوياً في مصر يستفاد من أربعة ملايين طن منها فقط كسباخ بلدى والباقي يفقد بالحرق المكشوف (الاشتعال الذاتى) أو الإلقاء على حواف الترع والمصارف مسبباً تلوثاً بيئياً وبصرياً خطيراً .

ومن المعلوم أن رزق الطيور يحتوى على نسبة عالية من العناصر الغذائية فى صورة صالحة وسهلة للهضم مثل التتروجين والبوتاسيوم والكالسيوم والفوسفور ونسبة عالية من الألياف فى صورة سليولوز وهيمسليولوز ولجنين ، ويختلف محتوى هذه المخلفات حسب المواد المستخدمة كفرشة أسفل الطيور - كما يتضح من الجدول التالى - فالأرضية المفروشة بالقش تختلف عن المفروشة بالأحطاب المطحونة أو نشارة الخشب كما يتضح من جدول (23) .

جدول (23) مقارنة محتوى المواد المستخدمة كفرشة في حظائر الدواجن

مادة الفرشة المستخدمة للدواجن	بروتين خام %	بروتين خام %	نسبة الهضم من المواد الجافة %
1 - نشارة خشب	20.9	12.0	72.4
2 - حطب ذرة مطحون	22.0	19.3	71.8
3- قوالح ذرة مطحونة	26.5	13.9	73.5
4- قش الأرز	21.7	20.1	70.4
5- مصاصة القصب	22.3	16.4	70.1
6- قش الفول السوداني	24.7	19.6	66.7

ويلاحظ الآتي:

- يختلف ررق الدواجن طبقاً لنوعية الأصناف . . هل هي لإنتاج اللحم أم البيض وأيضاً يختلف حسب عمر الدواجن.
- ويمتاز ررق الدواجن باحتوائه على معظم الأحماض الأمينية والمعادن التي تحتاجها حيوانات المزرعة أو الدواجن نفسها أى يمكن أيضاً أن يدخل فى تصنيع العلف.
- ثبت أن كمية البروتين الخام الموجود فى ررق الدجاج البياض يعادل ضعف كمية البروتين الموجودة فى البيض الناتج؛ ولذلك فإن قيمته كعلف أفضل بأكثر من 3-10 أضعاف قيمته لو استخدم كسماد عضوى. ويوضح الجدول التالى (24) محتوى البروتين والألياف فى الزرق مقارنة بروت الأبقار.

جدول (24): التركيب النوى لمخلفات مزارع الدواجن والماشية

مصدر المخلف	إنتاج المخلف كجم/ فرد	محتوى المادة العضوية كجم/ فرد	البروتين الخام كجم/ فرد	السليلوز	اللجنين	الرماد
% من المادة الجافة						
دجاج تسمين	6.8	5.8	1.7	11	4	22
دجاج بيّاض	24.00	18.7	3.4	15	3	28
بقرة حلوب	880.00	790.00	132.00	25	13	9
نور لحم	657.00	558.0	79.00	17	8	7

كيفية المعالجة

ملحق حالياً بمزارع الدواجن - سواء تسمين أو بياض - وحدات لتحويل الزرق إلى سماد أو علائق حيث يتم:

- تخزين الزرق تحت ظروف لاهوائية لمدة عشرة أيام لإتمام عملية التخمر حيث ترتفع درجة الحرارة بدرجة تكفى لقتل والقضاء على المسببات المرضية وبيض الديدان والطفيليات المختلفة وأيضا لمزيد من التحلل للمواد العضوية إلى صور أبسط، ويتم التخزين إما فى غرف معزولة أو أحواض معدنية أو صناديق خشبية محكمة الغلق.

- يمكن إضافة بقايا بعض المحاصيل لتخفيض نسبة الرطوبة بحيث لا تزيد عن 50%.

- بعد انتهاء فترة التخمر يمكن تغذية الحيوانات على هذه العليقة بعد خلطها بنسبة 40% من العليقة العادية أو خلط 60% روث مواشى معالج + 20% زرق دواجن معالج + 20% جريش حبوب أو قشر أو بقايا نباتية.

احتياطات وسليبات إعادة استخدام الزرق المعالج كعلائق تغذية:

أ - ألا تزيد درجة الحموضة عن 5.5 pH ولا تقل عن 4.5.

ب - هناك بعض المخاطر الصحية عند إعادة استخدام الزرق فى التغذية
مثل :

- حدوث تراكم للعناصر فى لحوم الحيوانات خاصة عند تغذية الحيوان بمخلفات نفس نوعه مثل تراكم الكالسيوم فى دجاج البيض والنحاس فى دجاج التسمين ، أما الأغنام فتتأثر بصورة أوضح من غيرها من حيوانات المزرعة عند تغذيتها على زرق دجاج تسمين نسبة النحاس به أعلى من 200 جزء/مليون .

- حدوث تراكم لبعض العقاقير والهرمونات التى تعطى للحيوانات حيث وجدت بقايا السلفا والزولين والفيوران فى لحم حيوانات تم تغذيتها على زرق دواجن تم معالجتها بهذه المواد .

- حدوث تراكم لبعض المبيدات الضارة حيث تجد المبيدات طريقها إلى النباتات ومخلفاتها وبالتالي إلى العلف ومنه إلى الروث ومنه إلى الحيوانات التى تتغذى عليه لدرجة أنه وجد نسبة من هذه المبيدات فى ألبان هذه الحيوانات ، ويمكن التغلب على هذه المشاكل بتحليل الزرق قبل استخدامها للتأكد من أنها فى حدود المسموح .

ج - وقد أثبتت التجارب المزرعية كفاءة هذه العلائق المعالجة حيث :

- زاد إنتاج البيض عند تغذية دجاج بياض على عليقة تحتوى ' زرق معالج ' بنسبة 40% معدلا به نسبة البروتين والكالسيوم والتروجين مقارنة بالدجاج البياض الذى يتغذى على العلائق العادية .

- أيضاً ثبت أن إضافة زرق الدواجن بنسبة 22% لعليقة الأغنام تحقق زيادة فى اللحوم بمعدل 130 جم/يوم مقارنة بنفس الحيوانات التى تتغذى على عليقة فول صويا ومولاس حققت 110 جم/يوم فقط .

- كما أن تربية عجول صغيرة بعليقة تحتوى 72% زرق دواجن + 22% مخلفات مزارع + 6% مولاس + بعض الفيتامينات والأملاح قد حقق الحصول على 550 جم لكل رأس فى اليوم الواحد .

5-5- سماد كمبوست القمامة Carbage compost

وتشتمل القمامة على عدة مكونات هي:

- 1 - كناسة المساكن والشوارع من ورق وخرق وقطع زجاج ومعادن وبلاستيك وأخشاب ومعلبات فارغة... إلخ.
- 2 - فضلات الأسواق المحال التجارية والمستشفيات.
- 3 - روث الحيوانات والإسطبلات والحيوانات النافقة ومخلفات المذابح والمسالخ.
- 4 - مخلفات المطابخ من المنازل والفنادق والمدارس.
- 5 - المأكولات التالفة بالأسواق أو المنازل.

وتُشكل القمامة في المدن والقرى مشكلة مضطردة حيث تتزايد بمعدلات رهيبة وصلت إلى مئات الأطنان سنوياً بسبب الزيادة في عدد السكان والتطور العمراني والاستهلاكي، حيث وصل نصيب الفرد في أوروبا أكثر من كيلو جرام يومياً وفي أمريكا إلى 4 كيلو جرامات يومياً ويصل مجموع قمامة الولايات المتحدة الأمريكية إلى 160 مليون طن سنوياً.

ويختلف التركيب النوعي للقمامة من مدينة لأخرى داخل الدولة الواحدة بل من مكان لآخر داخل المدينة الواحدة، فمثلاً في المدن الجامعية تختلف عن القرى السياحية فتزيد كمية الورق في الجامعات ويزداد البلاستيك والمعلبات في الثانية.

وفي دراسة للباحث Vesilind عام 1982 وجد أن المخلفات الورقية تمثل 50% من القمامة، الخشب 2%، الأقمشة 2%، البلاستيك 3%، الزجاج والسيراميك 10%، بقايا الأطعمة 12%، القطع والمعلبات المعدنية 8% ومواد ومخلفات الحدائق 9% ومواد أخرى 4%.

كما تمثل مشكلة القمامة مشكلة صحية خطيرة، حيث تمثل بؤر النمو للحشرات والقوارض والبعوض الناقلة للأمراض، حيث وجد أن قدماً مكعباً واحداً من القمامة تمثل وسطاً مناسباً لحياة وتوالد 70 ألف ذبابة. وأيضاً فهي بيئة خصبة

لنمو الميكروبات المرضية والهوام كالفرشان والققط والكلاب مما يساعد على انتشار الأمراض المعدية.

أيضاً تمثل مشكلة بيئية من انبعاث روائح كريهة نتيجة تخمر المواد العضوية وانبعاث أكاسيد الكربون والتروجين والكبريت (غازات الاحتباس الحرارى) والديوكسين نتيجة الاشتعال الذاتى للقمامة أو الحرق المكشوف، كما أن هناك أضراراً بالبنية الأساسية من انسداد المجارى والقنوات وأضرار سياحية نتيجة نفور السائحين من زيارة أماكن انتشار القمامة وتشوه جمال الطبيعة.

ولا توجد حتى الآن طريقة مثلى للتخلص من النفايات بصورة فعالة، حيث لكل منها عيوبها وتكلفتها الاقتصادية، فمثلاً:

1 - محارق القمامة تؤدي لتصاعد أكثر من 100 مادة سامة أو ملوثة للجو، مثل أكاسيد الكربون والتروجين والكبريت والرماد... إلخ.

2 - أسلوب الدفن فى مقابل تحت سطح الأرض أو ردم الأراضى المخفضة أو البرك أو المستنقعات أو التكويم فى صورة هضاب صناعية هو تخلص مؤقت من المشكلة وتصدير لها من مكان لآخر وتعتبر مصدراً لانتشار الأمراض والأوبئة.

3 - القذف فى البحر كما هو الحال فى المدن الساحلية والجزر كالبحرين وجزيرة كريت، وبمرور الوقت وتراكم القمامة الرهيب تستخدم ذلك فى تجفيف البحر وتوسيع رقعة الجزيرة ولكن يعيها تلوث مياه البحر.

4 - طعام الخنازير Hog feeding وهى تنتشر فى المجتمعات الغربية بعد فصل الأجزاء الصلبة عن الأجزاء التى يمكن أكلها ويؤدى هذا إلى انتشار الدودة الشريطية.

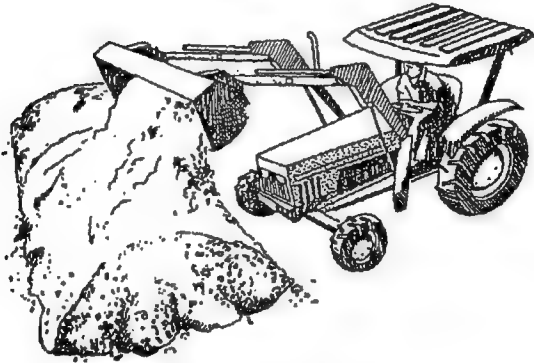
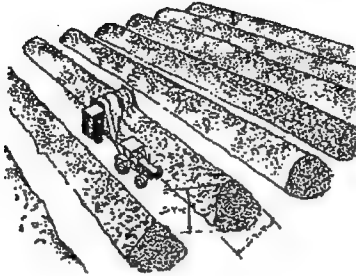
5 - إعادة الاستخدام أو التدوير Recycling ومع ذلك فلم تصل أكثر الدول تقدماً فى هذا المجال مثل اليابان إلا إلى إعادة تدوير 50 % فقط من قماماتها وفى ألمانيا 30% أما فى أمريكا فلم تزد النسبة عن 10%.

6 - خفض القمامة من المنبع وهى طريقة مثلى ولكنها تحتاج إلى تغيير السلوك الاجتماعى للأفراد كل فرد فى موقعه: المرأة فى المنزل والتلميذ فى مدرسته والفلاح فى قريته والعامل فى مصنعه بالإضافة إلى سن القوانين والتشريعات الرادعة.

7 - أخيراً إقامة مصانع لتدوير القمامة حيث يتم فصل وفرز المخلفات الصلبة كالورق والبلاستيك والزجاج والكاوتشوك وإعادة استخدامها مرة أخرى كمواد خام كل فى مجاله، ثم يتم كمر المخلفات العضوية بالقمامة، حيث يحدث لها تحلل هوائى أو أكسدة بيولوجية بواسطة الكائنات الدقيقة Biodegradation إلى مواد أبسط غنية بالعناصر الغذائية والتى تستخدم كسماد عضوى يزيد من خصوبة التربة. ويوجد أسلوبان لكمر القمامة.

الأول: الكمر فى مصفوفات (شكل 16):

- مرحلة الفرز لاستبعاد المواد النافعة كالورق والزجاج والبلاستيك والمعدن... وخلافه أو استبعاد الأحجار والمواد غير القابلة للتخمر.
- مرحلة الطحن إلى أحجام صغيرة (أقل من 50 مم) لزيادة المسطح النوعى لتحسين كفاءة عملية التحلل البيولوجى.
- التكوين فى مصفوفات بارتفاع أقل من مترين وعرض ثلاثة أمتار، وبأطوال مختلفة.
- مرحلة التخمر حيث تقوم الكائنات الدقيقة بعملها فى تحليل المخلفات.
- التقليب على فترات مناسبة للتهوية وإدخال الأكسجين اللازم للأكسدة والتحلل.
- الترطيب لتعويض نقص الرطوبة ولتقليل الحرارة المنبعثة عن التحلل منعاً للاشتعال الذاتى.
- تستمر عملية الكمر الهوائى لمدة 2-3 أسابيع ويخزن الناتج للإنضاج وهى طريقة بسيطة... ولكن تحتاج مساحات كبيرة... وأخيراً التعبئة والتوزيع.



شكل (16) عملية الكمر الطبيعي في مصفوفات

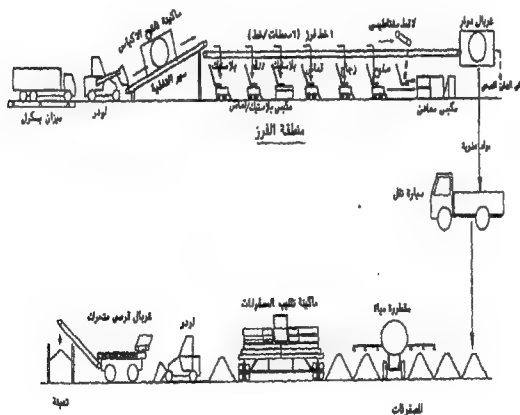
الثاني: الكمر في هاضمات ميكانيكية (مصانع تدوير القمامة)

يختلف عن الأسلوب السابق في مرحلة التخمر فقط والتي تتم في غرف متحكم فيها من خلال دفع الهواء ونسبة الرطوبة ودرجة الحرارة وضبط pH، وتتميز بقصر الزمن اللازم للتخمر (3-6 أيام بدلاً من 2-3 أسابيع) ومساحة أقل بدلاً من المصفوفات ولكن تكلفته الإنشائية أكبر نسبياً (شكل رقم 17).

وقد تم إنشاء عدد من وحدات (مصانع) الكمر الهوائية في مدن القاهرة والجيزة والإسكندرية مثل مصنع القطامية بالقاهرة والنشأ على مساحة 18 ألف متر مربع بطاقة 600 طن يومياً سماد، ويقوم المصنع بتصدير إنتاجه إلى الدول العربية المجاورة ، وكذا مصنع العبور للاستفادة من مخلفات سوق الخضار والفاكهة والأسماك وتحويلها إلى سماد عضوي.

ويتوقف تزايد الطلب مستقبلاً على تكنولوجيا تدوير القمامة لأسباب عديدة:

- التخلص الآمن من القمامة الملوثة للبيئة والمسببة للأمراض.
- تزايد الحاجة إلى تعمير الصحراء، وبالتالي الطلب على الأسمدة العضوية.
- تنامي الصناعات القائمة على المسترجعات (نواتج الفرز) وتزايد عوائدها.
- إمكانية تصدير وحدات متكاملة إلى الدول الأفريقية والعربية للاستفادة من القمامة.



شكل (17): رسم تخطيطي للخطوات والعمليات المختلفة في أحد مصانع تدوير القمامة

6-5- سماد حمأة المجارى، Sludge manure

تحتوى مياه الصرف الصحى على 10% تقريباً من الحمأة (الجزء الصلب) إما أولية Primary sludge الناتجة عن مرحلة المعالجة الميكانيكية وتشمل ترسبات الاتربة والرمال وقطع الأخشاب أو القماش أو الورق التى نفذت من شبك الترشيح وتوجد فى قاع أحواض الترسيب الأولية ، أو الحمأة المنشطة Activated sludge وتوجد فى قاع أحواض الأكسدة Aeration tanks بجانب الطبقة الهلامية فى أحواض التنقيط Trickling tanks وتحتوى غالباً على أجسام الكائنات الحية وبقايا المواد العضوية غير المتحللة، ويعاد استخدام جزء منها كبداء Starter فى أحواض الأكسدة وجزء آخر يوجه إلى الهاضم Digester لإنتاج الغاز الحيوى (البيوجاز) أما الجزء الثالث فيجفف ويطحن ويستخدم كسماد الحمأة Sludge manure لما يحتويه من مواد عضوية وعناصر غذائية ضرورية للنبات ويعتبر بديلاً رخيصاً وجيداً للأسمدة الكيماوية. ويتضح من الجدول (25) ارتفاع القيمة السمادية للحمأة مقارنة بالسباخ البلدى.

جدول (25) القيمة السمادية للحمأة مقارنة بالسماد البلدى

بيان	التركيز فى المادة الجافة	
	الحمأة	السماد البلدى
المادة العضوية	45%	25%
التروجين	1.6%	0.8%
الفوسفور	1.3%	0.9%
البوتاسيوم	0.3%	0.7%

بعد التجفيف فى أحواض الرمال تُكوّم الحمأة بارتفاع حوالى متر وتغطى بطبقة من الرمل بسمك 10 سم لمنع احتمال توالد الذباب وتترك لمدة 20 - 40 يوماً تتعرض أثناءها للتخمير الجزئى بفعل الميكروفلورا الموجودة بها وترتفع الحرارة

لحوالى 75°م وهذه الحرارة تساعد على قتل الذباب والطفيليات والميكروبات المرضية ثم تنقل الاكوام بسيارات النقل للمزارع حيث يباع للزراع كسماد يحتوى على:

مواد عضوية	55-75%
مواد غير عضوية	25-40%
زيوت ودهون	5-25%
بروتين	5-20%
أمونيا	1-3%
فوسفور	0.5-1.5%

كما تحتوى على العديد من العناصر الصغرى الضرورية للنبات.

أما الحماة المجففة بالطرق الميكانيكية سواء بالترشيح التفريغى أو الترشيح بالضغط أو بالطرد المركزى فإنها لا تزال تحتوى حوالى 75% مياه من وزنها؛ ولذا يجب استكمال تجفيفها وذلك بإدخالها فى أفران الهواء الساخن (حوالى 1500-2000 °م) وهذا يكفى لخفض نسبة الماء إلى حوالى 20% من الوزن الكلى وهو ما يعتبر رواسب جافة، ثم يتم طحنها وتعبئتها فى أكياس وتباع ولكن هناك مخاوف من استخدامها نظراً لما تحويه من ملوثات.

سليبات التسميد بالحماة

العناصر الثقيلة: وأهم هذه العناصر هى الكاديوم والرصاص والزنبق والنيكل والخاصين والزرنيخ والنحاس والزنك وغيرها، ويختلف تركيزها حسب المصادر المشاركة فى تكوين مياه الصرف وخاصة الصناعي منه (جدول 26) وقد لوحظت زيادة فى محتوى الكاديوم فى الحاصلات المسمدة بالحماة ومعروفاً تجمع الكاديوم فى الكليتين مما يسبب الفشل الكلوى.

جدول (26) نسبة المعادن الثقيلة بالحماة في مصر مقارنة بأمريكا وأوروبا

المعادن الثقيلة	أمريكا		أوروبا		مصر	
	المتوسط	المدى	المتوسط	المدى	المتوسط	المدى
كاديوم	32	4154-14	29	183-0.4	2.9	4.11-1.00
كروم	428	1460-94	744	10356-7	264	345-35
نحاس	562	353-15	613	2889-36	275	278-118
رصاص	378	674-4	55	3538-19	275	350-10
نيكل	134	31140-110	188	3036-5	240	135-44
زنك	1409		1820	19000-199	1550	4900-500
حديد					1905	13600-5650
منجنيز						204-96
كوبالت						6.00-3.00

ملحوظة: البيانات غير الموجودة بالجدول لا تعنى انها صفر ولكنها غير متاحة (الحجار، 2003).

وللعناصر الثقيلة عامة خواص تراكمية خلال انتقالها عبر السلسلة الغذائية حيث تتراكم في النباتات أو في الأسماك ثم الحيوان الذي يتغذى عليها ووصولاً إلى الإنسان على قمة السلسلة، حيث يسبب الرصاص مثلاً هشاشة العظام، بينما يسبب الزئبق خللاً في النطق وأعراض شلل عضلات اليدين والرجلين (مرض ميتا مانا).

أيضاً تحتوي العناصر الثقيلة على شحنات كهربية تتشابه مع العناصر الضرورية اللازمة للنمو مما يعيق ميكانيكية انتقال بعض العناصر الأساسية أو تتداخل مع المرافقات الإنزيمية مما يؤثر على عمل الإنزيمات المختلفة أو يحل محل بعض العناصر في التحولات الأيضية المختلفة (Ochiai, 1987).

تلعب صفات التربة الزراعية -الفيزيائية والكيمائية- دوراً هاماً في التربة في تحديد مدى إدمصاص Adsorption العناصر الثقيلة على سطح معادن التربة مما يحد نوعاً ما من آثارها السئية، فمثلاً التربة الطينية تدمص كمية أكبر من العناصر

مقارنة بالتربة الرملية والعناصر الثقيلة تميل إلى الذوبان فى التربة الحامضية عن القاعدية وأيضاً تتباين النباتات فى قدرتها على تخزين العناصر الثقيلة، فالنباتات الورقية كالخس والسبانخ والملوخية لها قدرة تخزينية عالية فى أنسجتها، بينما البقوليات كالسلة والفواكه كالبطيخ والشمام والفراولة قليلة القدرة التخزينية؛ ولذا يجب متابعة وتقييم آثار استخدام الحمأة مع اختيار الزراعات المناسبة، ويفضل أن تنحصر فى تسميد أشجار الغابات الخشبية ونباتات الزينة ونباتات الألياف كالقطن والتبل وفى تشجير الطرق أو تسميد الفواكه التى ثمارها غير ملاصقة للتربة مثل المانجو والموالح.

الأملاح والملوثات الكيماوية

حيث تحتوى الحمأة على تركيزات عالية من النترات والكلور والصوديوم والمغنسيوم والفوسفات والتى تسبب ملوحة التربة مما ينعكس على ارتفاع الضغط الأسموزى لمحلول التربة، وبالتالي انخفاض قدرة النبات على امتصاص Absorption حاجته من الماء وبطء نموه وانخفاض الإنتاجية المحصولية.

كما أن زيادة تركيز العناصر عن نسب معينة تؤدي إلى تأثيرات ضارة للنبات مثل الكلور الذى يعتبر عنصراً ضرورياً للنبات ولكن التركيز العالى منه سام ويؤثر سلباً على النبات.

بالإضافة إلى تأثير زيادة امتصاص النترات وبالدات بالنسبة للنباتات الورقية كالسبانخ والملوخية حيث تختزل فى المعدة والأمعاء إلى النيتريت الذى يتحد مع هيموجلوبين الدم مما يقلل قدرته على حمل الأكسجين ويؤدى إلى زرقة الأطفال الرضع (الأقل من 16 شهراً) أو إلى نفوق الحيوانات الصغيرة، أو يتفاعل النيتريت مع بعض المركبات الأخرى مكوناً مادة النيتروزامين المسببة للسرطان والتى تمتص من التربة بواسطة النباتات ثم تنتقل للإنسان أو الحيوان من خلال السلسلة الغذائية مما يسبب خطراً داهماً على الصحة العامة.

المبيدات خاصة طويلة العمر Highly persistence

والتي يصعب تحللها تحللاً كاملاً خلال فترة المعالجة وتنستقل مع الحمأة إلى التربة الزراعية ومنها إلى النباتات ثم الحيوان ثم الإنسان في النهاية مسبباً العديد من المشكلات، مثل أمراض الكبد والكلية والسرطان والتأثيرات العصبية والتسممات المختلفة، كما أن المبيدات ليست ذات سمية اختبارية أي أن تأثيرها سام على جميع الكائنات الحية مما يسبب في القضاء على الكثير من الكائنات المفيدة كالطيور وكائنات التربة والحشرات النافعة كالنحل وغيرها.

الكائنات الدقيقة الممرضة Pathogenic Microorganisms

تحتوى الحمأة - غير المعالجة جيداً - على مجموعات عديدة من الكائنات الممرضة وأهمها بكتيريا Coliform group التي تسبب العديد من الأمراض كالإسهال والتيفود والدوسنتاريا والكوليرا والفيروسات التي تسبب الالتهاب الكبدي الوبائي والطفيليات مثل البلهارسيا والإسكارس والإنكلستوما التي تصيب العاملين في مزارع مياه المجارى.

بعض المعاملات الإضافية للاستخدام الآمن لسماذ الحمأة

1 - غسيل الحمأة حيث يضاف ماء نظيف إلى الحمأة بما يعادل ضعفها أو أكثر ويتم مزج الماء مع الحمأة لمدة 10 دقائق في الحوض إما بطرق ميكانيكية أو بالهواء المضغوط ثم يترك الخليط لترسب المواد العالقة بينما يخرج الماء من أعلى. ومن فوائد عملية الغسيل عدم الاحتياج أو تقليل كميات الجير المستعمل بمقدار 60 - 70 % مع خفض نسبة الرماد في الحمأة المجففة.

2 - الكلورة أو الأوزونة أو المعاملة بالإشعاع، وذلك لتعقيم الحمأة لضمان خلوها التام من الممرضات الميكروبية والفيروسية.

3 - إضافة الجير بنسبة 10 - 30% من المادة الخام إلى الحمأة المجففة المحتوية على نسبة رطوبة حوالى 75% وتتم الإضافة بإحدى طريقتين:

- إضافة الجير المطفى لرفع درجة الحموضة (pH إلى 12) وذلك للمحد من مشاكل الروائح الكريهة والمتبقى من الممرضات الميكروبية.
- إضافة الجير الحى حيث يتفاعل مع الرطوبة الموجودة وترتفع درجة الحرارة مما يؤدي إلى رفع الحرارة وقتل الكائنات الضارة.
- ولكن يعاب على المعاملة بالجير ارتفاع نسبة الكالسيوم فى الحمأة لأن التربة المصرية تميل إلى القلوية وكذلك زيادة تكاليف الخلط والنقل.
- 4 - إضافة تراب الأسمنت Bypass لتثبيت الحمأة بدلاً من الجير ويتسم بثبات تركيبه الكيماوى وارتفاع مساحة مسطحة النوعى مما يزيد من خفض الروائح، وفى نفس الوقت تخلص مفيد من تراب الأسمنت.
- 5 - المعالجة ببعض المواد الكيماوية، مثل كلوريد الحديدك أو الشبه أو مسحوق العظام أو عجينة الورق أو الطين ويعاب عليها أن ثمن هذه المواد مكلف.
- 6 - الحرق والترميد، حيث يتم حرق الحمأة فى أفران متعددة من 1500°م إلى 2000°م وتتميز بالقضاء على الميكروبات الضارة وتقليل حجم الحمأة، ولكنها مرتفعة التكاليف وتحتاج طاقة إضافية.

الباب السادس

تدوير المخلفات الزراعية

تشمل المخلفات الزراعية قش الأرز - حطب القطن - حطب وقوالح الذرة - تبين القمح والبقول والشعير - مصاصة القصب - عروش الخضروات وبنجر السكر - تقليم أشجار الفاكهة وسيقان الموز - ورد النيل والحشائش المختلفة - مخلفات مزارع الدواجن والماشية والخيول، ولا يستفاد إلا من حوالى ثلث هذه الكمية معظمها من الأتبان والعروش مما يمثل إهداراً لثروة كبيرة يمكن الاستفادة منها

ويعتبر تدوير المخلفات الزراعية أو التفاعل الواعى معها أحد الأهداف الرئيسة للزراعة المستدامة لما يمثله من عائد اقتصادى وحلا لمشكلة تلوث البيئة ورفعاً للمستوى الصحى والاجتماعى بالريف ويساهم فى تحقيق صيحة العصر (الزراعة النظيفة).

6-1- مميزات تدوير المخلفات الزراعية

- أ - حماية البيئة من التلوث بالاستفادة من المخلفات بدلاً من حرقها.
- ب - القيمة الاقتصادية المضافة كأسمدة عضوية وأعلاف غير تقليدية.
- ج - توفير تكاليف الأسمدة المعدنية وترشيد استخدامها.
- د - زيادة خصوبة التربة الزراعية مما ينعكس على زيادة الإنتاج.
- هـ - الاستفادة من المخلفات فى إنتاج غذاء للإنسان مثل تنمية عيش الغراب على قش الأرز أو إنتاج البروتين الحيوى باستخدام المخلفات كالمولاس أو الشرش.

و - إنتاج أعلاف غير تقليدية مثل إضافة البوريا أو الحقن بالأمونيا إلى قش الأرض.

ز - إنتاج الغاز الحيوى (الببوجاز) من تخمير المخلفات الزراعية..

ح - صناعة الخشب الحبيبي المستخدم فى عمل الأثاث من حطب القطن ومصاصة القصب.

ط - إنتاج الأحماض العضوية والكحولات والإنزيمات والفيتامينات من التخمير الميكروبي للمخلفات.

ي - استخدام المخلفات الزراعية كمصدر للطاقة والكهرباء.

ك - صناعة الورق والكرتون باستخدام قش الأرض وورد النيل.

ل - إيجاد فرص عمل للشباب فى مشروعات تدوير المخلفات.

2-6- مساوئ عدم الاستفادة من المخلفات الزراعية

أ - فقد المكون العضوى والحيوى للتربة نتيجة حرق المخلفات مما يؤدى إلى الإضرار ببناء التربة الزراعية ويؤدى إلى تدهور خصوبتها وإنتاجيتها.

ب - خسارة اقتصادية نتيجة علاج الأمراض الصدرية الناشئة من عملية الحرق ونتيجة لتكاثر الحشرات والفئران وتكلفة مكافحتها.

ج - ينتج عن حريق المخلفات الزراعية انطلاق غازات أول وثانى أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت والتروجين وغيرها مما يلوث الهواء الجوى (غازات الاحتباس الحرارى).

هـ - القضاء على الكثير من الطيور الصديقة للفلاح وأيضاً البكتيريا المفيدة بالتربة مثل المثبتة للتروجين والميسرة للفوسفات مما يؤدى لانخفاض خصوبة التربة.

و - زيادة حوادث تصادم السيارات على الطرق الزراعية بسبب انعدام الرؤية.

- ز - حدوث حرائق خطيرة فى منازل القرى وخاصة فى الصيف .
- ح - تدهور أشجار الفاكهة المستديمة بالحقول المجاورة .
- ط - تحويل طين التربة الزراعية إلى مادة معدنية صماء (تشبه الطوب الأحمر) .
- ى - زيادة دخول غاز ك₂ إلى التربة الزراعية على حساب الأكسجين اللازم لتنفس الجذور والكائنات الدقيقة بالتربة مما يعيق نموها وتكاثرها .
- ك - الفقد الحادث فى ماء التربة نتيجة البخر بسبب الحرق ويقدر بحوالى مليار متر 3 ماء .
- ل - التلوث البصرى نتيجة مخلفات الحرق على حواف الترع أو طرقات القرى .

3-6 مجالات تدوير المخلفات الزراعية

3-6-1 تدوير قش الأرز

- ويمكن إجمالى الاستفادة من قش الأرز فى المجالات التالية:
- 1 - عمل مكمرات سمادية وتحويله إلى سماد عضوى .
 - 2 - حقنه بالأمونيا أو إضافة اليوريا وتحويله إلى أعلاف غير تقليدية .
 - 3 - يستخدم كفرشة فى مزارع الإنتاج الحيوانى (دواجن - ماشية - أغنام) ويعتبر مكوناً رئيساً للسباخ البلدى .
 - 4 - تنمية حبوب الشعير عليه (زراعة بدون تربة) واستخدامه كعلف أخضر .
 - 5 - تنمية عيش الغراب عليه كغذاء للإنسان والحيوان .
 - 6 - إنتاج الغاز الحيوى (البيوجاز) .
 - 7 - كبسه وتحويله إلى أخشاب أو قوالب طوب مضغوط .

8 - استخدامه في إنتاج الطاقة الكهربائية (كمصدر للوقود في المحطات البخارية).

9 - تصنيع لب الورق الحام Pulping في مصانع الورق.

10 - استخدامه كفرشة أو غطاء في تدفئة زراعات البصل والبطاطس.

11 - تصنيع مخلفات مضارب الأرز.

6-3-1- كمر القش وتحويله إلى سماد عضوي

وهي عملية اقتصادية مريحة جداً حيث يتم تحويل مخلف يُحرق ويلوث بيئة إلى منتج هام جداً لخصوبة التربة، وخاصة في الأراضي المستصلحة حديثاً. وهذه العملية لا تحتاج إلى أي تكنولوجيات معقدة حيث إن كمر المخلفات سواء هوائية أو لا هوائية يعطي الفرصة للكائنات الدقيقة العالقة بها للنمو والتكاثر وتحليل هذه المخلفات إلى مواد أبسط (الدبال) أكثر قابلية للاستفادة بواسطة النبات بالإضافة إلى تحسين خواص التربة من تحبب وقوة مسك الماء وتدفئة الجذور وزيادة السعة التبادلية، بالإضافة إلى توفير قيمة الأسمدة الكيماوية المرتفعة الأسعار وتجنب الآثار السلبية لها على البيئة. إعلاء شأن الزراعة العضوية النظيفة.

كيفية عمل الكمورات السمادية

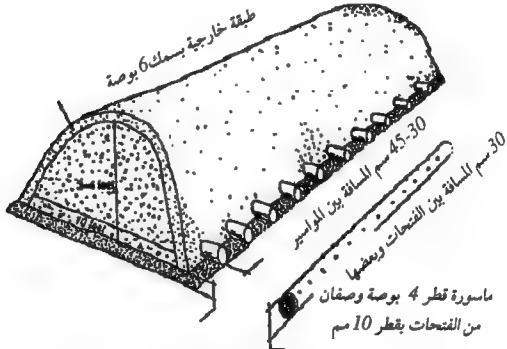
هناك ثلاث طرق رئيسية:

1 - عملية الكمر الطبيعي Natural composting

وفيه يتم عمل كومة من المخلفات العضوية ويفضل خلطها مع سباح بلدى أو تربة كمصدر خصب للميكروبات وتركها مع مداومة ترطيبها وتقليبها بصفة مستمرة، وتزداد فترات التقليب والترطيب في الصيف (2-3 مرة أسبوعياً) وفي الشتاء (مرة أسبوعياً) حتى يتم نضج الكمورة، حيث تشجع حرارة الصيف على سرعة النشاط الأيضي للميكروبات، ومن ثم سرعة تحلل المواد العضوية (كما يتضح من شكل 16 السابق).

2 - عملية الكمر بتيارات هواء طبيعي Passive composting

وهي تشبه الكمر الطبيعي في عملية التكويم (خلطاً أو في طبقات متعاقبة من المخلف العضوى سواء قش أرز أو خلافة مع السباخ أو التربة أو الحمأة المشطة) وتختلف في زيادة ارتفاع الكمورة ومساحة قاعدتها وأيضاً في وضع مواسير بلاستيك بقطر 4 بوصة على مسافات 30 - 45 سم بين المواسير وذلك بطول الكمورة (كما هو واضح في شكل 18) وتساعد هذه المواسير على إدخال الهواء إلى قلب الكومة بدلاً من عملية التقليب المستمر وبالتالي يزداد نشاط الميكروفلورا الرمية في تحليل المخلفات وترتفع درجة حرارة الكمورة مما يساعد في القضاء على الممرضات الميكروبية والطفيليات وبذور الحشائش وتتميز هذه الطريقة بعدم الحاجة إلى عمالة لتقليب الكومة بانتظام كما في الطريقة السابقة كما تساعد في انتظام دخول الهواء داخل الكمورة.

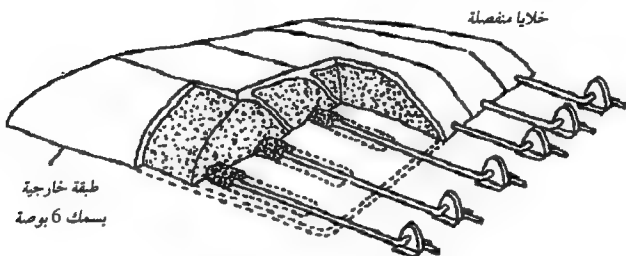


شكل (18) عملية الكمر بطريقة الهواء الطبيعي

3 - عملية الكمر بطريقة الهواء القسري Forced aeration

تشبه طريقة تيارات الهواء الطبيعي ولكن يتم توصيل المواسير البلاستيك بمراوح أو شفاطات هوائية تساعد على زيادة دخول الهواء إلى قلب الكومة،

ويجب ألا تزيد سرعة دخول الهواء عن حد معين وإلا تسبب في نقص درجة الحرارة وإطالة نضج الكمورة بالإضافة إلى تكلفة تشغيل المراوح أو الشفافات، ويتضح ذلك من شكل رقم (19).



شكل (19) عملية الكمر بطريقة الهواء القصوى

2-1-3-6- Farm yard manure مكوّن رئيس في السباخ البلدي

يعتبر السباخ البلدي من أهم الأسمدة العضوية المستخدمة على الرغم من فقره في تركيبه النّوعي، حيث يحتوي النوع الجيد منه على نحو 10% مادة عضوية، 0.35% آزوت كلي، ويرجع هذا الفقر أساساً إلى العديد من الأخطاء الشائعة أثناء تحضيره وتخزينه واستعماله، ويتركب السباخ البلدي من ثلاثة أجزاء رئيسية هي: الروث والبول والفرشة كما سبق شرحها (ص 124).

ويستخدم قش الأرض كفرشة تحت الماشية لإراحتها وامتصاص بولها وروثها بدلاً من حرقه وللإستفادة مما فيه من عناصر غذائية، وأيضاً لتثبيت الأمونيا بدلاً من تطايرها، ويمكن استهلاك كميات كبيرة من القش في هذا المجال تصل لحوالي مليون طن قش سنوياً.

وعموماً تحدث في مكونات السماد العديد من التفاعلات البيوكيميائية بمعاونة الكائنات الحية الدقيقة لتحليل اليوريا إلى أمونيا (ميكروب *Sporosarcina urea*) ولتحليل المواد السليلوزية والبكتينية بواسطة بكتيريا (*Ruminococcus*)

Streptomyces sp., *Clostridium thermocellum*, *Cytophage sp.* وفطريات *Fusarium sp.*, *Alternaria sp.* *Aspergillus sp.* وتحليل المواد البروتينية بواسطة بكتيريا *Pseudomonas*, *Proteus sp.* ، ولقد وجد أن المحتوى الميكروبي يصل إلى خمس وزن المواد الصلبة تقريباً (200.000 إلى 40 مليون خلية/ جرام).

ولقد قام الباحثون بمحاولات فى الماضى لتثبيت الأمونيا بإضافة بعض المواد الكيماوية سواء فى الزرائب أو أكوام التخزين فاستعمل الجبس والسوبر فوسفات وحمض الفوسفوريك وشرش اللبن ولكنها كانت جميعها محاولات غير اقتصادية وضارة بأقدام المواشى؛ ولذا فإن الأنسب والأفضل هو استخدام قش الأرز وعروش الموز وغيرها مع خلطها بالتراب.

6-3-1-3- استخدام كعلف غير تقليدى للحيوان وفى الزراعة بدون تربة

يتميز قش الأرز بارتفاع محتواه من المواد السليولوزية وانخفاض شديد فى محتواه من النتروجين (نسبة C/N واسعة جداً) تصل إلى 400/1 مما يقلل قيمته الغذائية، ولذا تحقن بالأمونيا أو تضاف إليه اليوريا لزيادة محتواه البروتينى مما يزيد قيمته كعلف حيث يذاب 4 كجم سماد يوريا فى 100 لتر ماء ويتم رشها على 100 كجم قش أو تحقن بالأمونيا بمعدل 3-4 كجم أمونيا لكل 100 جم قش ثم تغطى بالبلاستيك (كما يظهر بالصورة) وتترك 3-4 أسابيع ثم تغذى منه الحيوانات. وقد أدى ذلك إلى زيادة معدل الهضم بنسبة تتراوح من 35-55% وإلى زيادة كمية اللبن من الأبقار المغذاة، وفى أحيان أخرى يتم نثر بذور الشعير المبللة بالماء على قش الأرز لكى تنبت وتنمو (زراعة بدون تربة) معطياً نموات خضرية (علف أخضر) والذي يحتوى على نسبة عالية من البروتين تصل لحوالى 12% ويساهم اقتصادياً فى توفير مساحة الأرز واستهلاك المياه (فقط 2% من الزراعة العادية).

6-3-1-4- إنتاج البيوجاز (الغاز الحيوى)

يمكن استخدام جميع المخلفات العضوية سواء النباتية أو الحيوانية أو مخلفات المنازل فى إنتاج البيوجاز، إلا أن عملية التخمر تزداد صعوبة وتستغرق وقتاً أطول كلما زادت نسبة المواد اللجنينية كما فى حطب القطن، أو السليولوزية كما فى قش

الأرز، أو الكيتينية كما فى القمامة. وفكرة إنتاج البيوجاز هو تخمير المواد العضوية وتحليلها بواسطة الكائنات الدقيقة تحت ظروف لاهوائية حيث ينتج خليط من غازات الميثان القابل للاشتعال (50 - 60%) وثانى أكسيد الكربون (30-35%) وغازات أخرى مثل الإيدروجين وكبريتور الإيدروجين وأول أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت (لا تزيد نسبتها عن 5 - 10%).

وغاز الميثان - كما ذكر - غاز قابل للاشتعال والحرارة الناتجة من لتر واحد منه تساوى 8.5 كيلو كالورى مقارنة بغاز الإيدروجين الذى يعطى 1.6 كيلو كالورى تحت ظروف الضغط الجوى ودرجة حرارة صفر مئوى، وهذا يوضح أهميته الاقتصادية كمصدر للطاقة يستخدم فى الإنارة والتدفئة وتشغيل الغلايات وماكينات توليد الكهرباء.

وتنقسم عملية إنتاج البيوجاز إلى مرحلتين رئيسيتين:

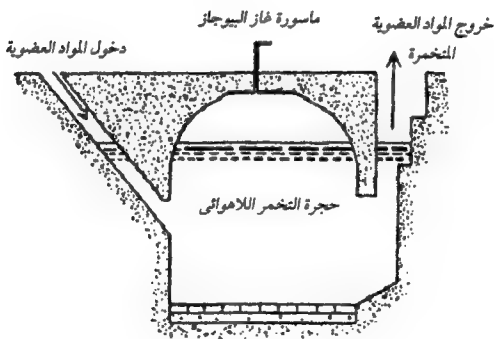
أولاً: تقوم الميكروبات الهوائية بتحليل المخلف العضوى حيث تستنفذ الأكسجين تدريجياً حتى تسود الظروف اللاهوائية المثلى لإنتاج الميثان وتقوم البكتيريا الرمية العضوية والكروية مثل *Aerobacter, Bacillus, Pseudomonas, Streptomyces, Ruminococci, Micrococcus* وأيضاً الفطريات مثل *Aspergillus, Rhizopus, Mucor* بدور رئيس فى هذه المرحلة الهوائية حيث تتحلل المواد العضوية إلى خليط من الأحماض مثل الخليك والفورميك والبيوتريك والكحولات مثل الميثانول والإيثانول والبرويانول وغازات مثل ك₂، الإيدروجين.



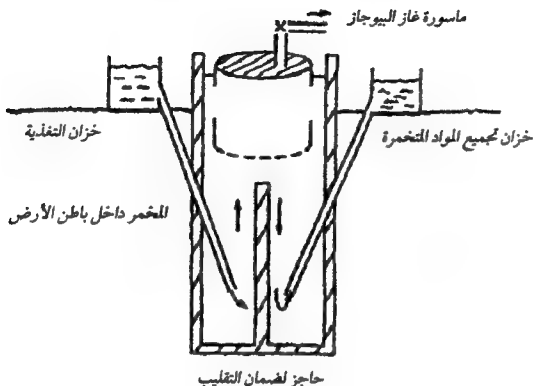
ثانياً: المرحلة اللاهوائية (الأساسية) فإن بكتيريا الميثان *Methanogens* تنشط فى تحليل النواتج السابقة وتكون الميثان كما يتضح من المعادلات السابقة

وبكتيريا الميثان ذات أشكال مورفولوجية (ظاهرية) مختلفة ولكن صفاتها المزرعية والفسولوجية متشابهة؛ ولذا وضعت فى قسم خاص Archaeobacteria، ويتميز الغاز الحيوى بأنه غير سام ونظيف أى ليس له عادم احتراق ويحتوى المتر المكعب من البيوجاز على طاقة تعادل المنتجة من...؟ كجم بوتاجاز، 0.6 لتر كيروسين، 1.7 كجم فحم، 4.5 كجم خشب،...؟ كجم مخلفات نباتية وحيوانية.

وتتضمن وحدة إنتاج البيوجاز سواء النظام الصينى أو الهندى ثلاثة أجزاء هى: الهاضم (الجزء الرئيس) - مخزن تجميع الغازات - أحواض تجميع وتجهيز المخلفات، كما يتضح من الشكلين (رقمى 20، 21) وتستخدم عادة فى القرى لخدمة عدة منازل، بينما أبراج البيوجاز الملحقة بمحطات معالجة المجارى فقد تخدم حياً بأكمله، ومعلوم نظافة ورخص تكلفة الغاز الحيوى بالإضافة إلى الاستفادة من المخلفات اقتصادياً وبيئياً.



شكل (20): وحدة البيوجاز بالنظام الصينى



شكل (21): وحدة بيوجاز بالنظام الهندي

6-3-1-5-تنمية عيش الغراب (المشروم)

وهي مجموعة من الفطريات التابعة للعائلة الباريديية : Family Basidiomycetes التي تكون أجساماً ثمرية وراود الاهتمام بزراعته نظراً لأهميته الغذائية وفوائده الصحية وسهولة الهضم وأيضاً قيمته الاقتصادية.

ويتميز عيش الغراب بالميزات التالية

- إمكان زراعته في أى مكان في المنزل (على السطح أو المطبخ أو الحديقة).
- إمكان زراعته في أى وقت من العام.
- قدرته على النمو في مجال متسع من درجات الحرارة يتراوح بين 15 - 31°م.
- قدرته على النمو باستخدام أنواع عديدة من المخلفات الزراعية.



فوائد زراعة عيش الغراب

- 1 - حماية البيئة من التلوث بالاستفادة من المخلفات الزراعية وخاصة قش الأرز في زراعة الفطر عليها.
- 2 - إنتاج علف المواشى من متبقيات إنتاج عيش الغراب، حيث تحتوى على نسبة عالية من البروتين.
- 3 - توفير غذاء جيد للإنسان على القيمة الغذائية مما يساعد فى سد الفجوة الغذائية فى البروتين الحيوانى.
- 4 - يستخدم عيش الغراب فى علاج بعض الأمراض مثل الأنيميا والسمنة والسكر وتصلب الشرايين والأورام حيث يحتوى على حمض الفوليك والفيتامينات (B,C,D) والأملاح المعدنية (I, Fe, Mg, K).
- 5 - إيجاد فرص عمل للشباب بتوفير بعض الإمكانيات البسيطة وبعض المعلومات اللازمة للقيام بمشاريع صغيرة لإنتاج الفطر وتوفير منافذ لتسويقه.

6 - المساهمة فى زيادة الدخل القومى الزراعى بتوفير العملة الصعبة التى يتم استيراد الفطر بها بل يدر دخلاً عند تصديره للدول المحيطة حيث يبلغ إنتاج المتر المربع 20-25 كجم فى الدورة الواحدة التى تستمر ثلاثة أشهر أى يصل إلى 100 كجم/م²/سنة.

7 - يحتوى على مواد فعالة توقف نمو الأورام السرطانية مثل المضاد الحيوى نيولارين Nebularine المستخرج من فطر *Agaricus mebulais*.

8 - يحتوى الفطر على مجموعة من الإنزيمات الهاضمة مثل الببسين والترباسين والتى تساعد فى الهضم وعلاج مرض التهاب القولون أو المعدة.

كيفية إنتاج عيش الغراب

1 - تقطيع المخلفات النباتية (3-5 سم) وإضافة الماء الى نسبة رطوبة 70% من الوزن الكلى.

2 - المعاملة الحرارية للمخلفات للتخلص من الميكروبات الملوثة العالقة بها إما باستخدام البسترة (80°م / 6-8 ساعات) أو النقع بالماء الساخن (90°/ساعة).

3 - الحصول على البادئ الفطرى (الجراثيم) من معاهد البحوث أو كليات الزراعة.

4 - تنمية الفطر إما بالنظام الرأسى حيث تضاف الجراثيم على هيئة طبقات متبادلة مع المخلفات الزراعية أو بالنظام الأفقى وذلك بتنمية الجراثيم على أرفف أو صوانى فى طبقة واحدة على المخلفات الزراعية.

5 - يراعى توفير الظروف المناسبة لإنبات ونمو الجراثيم مثل درجة الحرارة المناسبة 20-30°م، بينما الحرارة المناسبة لتكوين الأجسام الثمرية بين 22-25°م كما يجب ألا تقل الرطوبة الجوية عن 65% أثناء النمو الخضرى بينما خلال فترة الإثمار لا تقل عن 85-90% وأيضاً يراعى

توافر جو مظلم أثناء النمو الخضري ثم ضوء غير مباشر أثناء النمو الثمرى.

6 - يتم حصد الأجسام الثمرية بعد تمام النضج (35-45 يوماً من الزراعة) وعادة يتم الحصول على 4-8 حصصات بين كل واحدة والأخرى أسبوع.

7 - تعبئة الثمار فى عبوات تمهيداً لتسويقها إلى محلات السوبر ماركت أو المطاعم السياحية.

8 - تحفظ فى درجة حرارة الثلاجة (4م) لمدة لا تزيد عن عشرة أيام.

6-1-3-6- صناعة طوب البناء والأخشاب المضغوطة

يمكن إنتاج طوب بناء Briquettes قوى جداً بكبس القش فى مكابس هيدروليكية وأيضاً كبس القش وتحويله إلى ألواح خشبية Straw board كما فى مصنع فارسكور بدمياط.

ولقد قامت وزارة البيئة عام 2002 بالاشتراك مع وزارة التنمية المحلية بتوفير 450 مكبساً نصف آلى فى محافظات زراعة الأرز القريبة من القاهرة وهى الدقهلية (450 ألف فدان أرز)، والشرقية (280 ألف فدان أرز)، والغربية (100 ألف فدان أرز)، والقليوبية (20 ألف فدان أرز) وذلك بهدف كبس القش الفائض - أى الذى لم يحول إلى سماد أو علف أو فرشة فى المزارع - بدلاً من حرقه وأيضاً لتقليل حجمه وسهولة نقله إلى أماكن أخرى، وقد أدى ذلك إلى إيجاد سوق لبالات القش وأصبح له سعر ومردود اقتصادى، ويتركز حرق القش حول كردونات المدن فقط حيث تزرع هذه الأراضي بالإيجار، ومعروف أن المستأجر لزراعة واحدة لا يعنيه تدوير القش أو الاستفادة منه وأن ما يريده هو المحصول وإعادة الأرض خالية للمالكها فيقوم بحرقه؛ ولذا فإن كبس القش ونقله بعيداً هو الحل الأمثل فى هذه الحالة.

يتميز قش الأرز بارتفاع نسبة السليكا فيه حيث يحتوى على 40-50% سليولوز، 11-15% لجنين، 21-25% بتوزات، 2% بروتين، 3-7% رماد، 14% ماء.

وتقوم شركة راکتا - خط رشيد باستهلاك حوالى 150 ألف طن قش أرز سنوياً حيث تبدأ الصناعة بعملية طبخ للقش فى غلايات ضخمة فى وجود الصودا الكاوية وذلك لتكسير اللجنين وهدم الهيميليلوز ورفع نسبة السليولوز فى عجينة الورق، وينتج عن هذه العملية سائل أسود Black liquor غنى بالسليكا والصودا الكاوية ويمثل مشكلة بيئية خطيرة للتخلص منه لارتفاع BOD به.

والخطوة الثانية هى التبييض وتتضمن المعالجة بغاز الكلور ثم بالصودا الكاوية ثم الأكسدة بهيوكلوريد الصوديوم.

والخطوة الثالثة التجفيف حيث يتم التزول بنسبة الرطوبة النهائية بالورق حتى 6% وذلك بتمرير اللب على ألواح ساخنة.

والخطوة الأخيرة هى الصقل حيث يمر شريط الورق بين أسطوانات معدنية لصفله ثم يكور فى بكرات ضخمة.

أنواع الورق الناتج

تتوقف على ظروف عمليتى الطبخ والتبييض والناتج هو:

- ورق كتابة بدرجة بياض عالية؛ ولذا تكثف عملية التبييض وتضاف مواد تكسبه النعومة واللمعان مثل بودرة التلك.
- ورق طباعة ويتميز بالقدرة على تشرب الأحبار المختلفة.
- ورق اللف والتعبئة ويهتم فيه بإضافة بعض الكيماويات مثل النشويات التى تساعد فى زيادة مقاومة الشد والطي.
- ورق العملة ودفاتر الشيكات ويعالج لمساعدته فى مقاومة التمزق والشد لكثرة تداوله، وهذا النوع لا يستخدم فيه لب الورق الناتج عن القش.

وقد أمكن حديثاً إنتاج لب ورق حيوى Biopulping باستخدام فطريات العفن الأبيض *Phanerochate chrysosperium* أو بعض الاكتينومييسيتات مثل *Streptomyces* لتكسير اللجنين وتحليل الهيميسليلوزات بدلاً من استخدام القلويات مما يقلل من مشاكل الصودا الكاوية والسائل الأسود.

8-1-3-6- تصنيع مخلفات مضارب الأرز

وتشمل سرسة الأرز ورجيع الكون وجرمة الأرز وكسر الأرز.

- **السرسة:** هى الغلاف الخارجى الناتج من تقشير الأرز الشعير بالمضارب الحديثة وتشكل حوالى 15-18% من الأرز الشعير ومحتواها من الألياف الخام والرماد الخام مرتفع وأيضاً بها نسبة سليكا مرتفعة مما يحد من استخدامها فى تغذية الحيوانات.

- **رجيع الكون:** وهى الغلاف الداخلى لحبوب الأرز والشعير بعد نزع السرسة وينتج أثناء عملية التبييض بالمضارب، ويمثل الرجيع حوالى 5,5% من الأرز الشعير ويحتوى على 13% بروتين و 14% دهن خام وتستخلص الزيوت منه بالمذيبات العضوية ويطلق عليه عندئذ رجيع الأرز المستخلص (3% فقط دهن) ويستخدم فعلاً فى صناعة الأعلاف.

- **جرمة الأرز:** عبارة عن جنين حبة الأرز وتنتج عن عمليات ضرب الأرز للحصول على الأرز الأبيض وتحتوى على 18% بروتين خام و 14% دهن خام وبعد استخلاص الزيوت يسمى المتخلف كسب جنين الأرز ويحتوى 20% بروتين خام ويستخدم كعلف حيوانى.

- **كسر الأرز:** وهو الأجزاء المتخلفة من غربلة الأرز الأبيض ويمثل 7% من الأرز الشعير ويدخل فى صناعة الأعلاف.

- **الرجيع أو السرسة البلدى:** ويتخلف عن ضرب الأرز الشعير فى الفراكات أو المضارب البلدية وهو خليط من الأعلفة الخارجية (السرسة) والأعلفة الداخلية (الرجيع) وجزء من كسر الحبوب وقيمته الغذائية أعلى من السرسة (يحتوى حوالى 7% بروتين خام).

أ- الحرق المباشر

وذلك بالحرق الكامل فى وجود الهواء (أكسدة كاملة) حتى تتحول المادة العضوية إلى ك₂ وبخار ماء، ويتم الحرق بطرق مختلفة منها المواقد الريفية وهى أقلها كفاءة وأكثرها تلوثاً للبيئة، وإن كان دخول البوتاجاز للقرى قد قلل كثيراً من مخاطرها، وتبدأ عملية الحرق بعد إزالة الرطوبة (التي تتراوح من 10-22%) ووصول درجة الحرارة إلى نقطة الاشتعال (حوالى 590°م) حيث تتصاعد المواد المتزايدة التى قد يخرج جزء كبير منها بسرعة حاملاً معه جسيمات صغيرة من المادة الصلبة التى لم تحترق أو التى احترقت جزئياً على شكل دخان، ويؤدى ذلك إلى فقد كبير فى كفاءة التحويل إلى طاقة فى وسائل الحرق المكشوف حيث لا يتم التحكم فى كمية الهواء الداخلى إلى منطقة الحرق. وبعد تطاير الغازات يتبقى كربون متخلف يحترق ببطء وبكفاءة أعلى. وحديثاً بدأ التفكير فى ضغط القش ميكانيكياً إلى مكعبات بأحجام مختلفة، حيث يمكن تخزينها وإشعالها عند الحاجة، كما يستخدم فى جنوب شرق آسيا الحرق المباشر لقش الأرز (المحصول الرئيس هناك) لإنتاج طاقة كهربائية كافية لإنارة أحياء كاملة.

ب- التكسير الحرارى أو التقطير الإتلاهى

وتجرى عادة للأخشاب ومخلفات تقليم الأشجار وذلك بالتسخين بمعزل من الهواء وينتج عنها خليط من الغازات ويتخلف الفحم النباتى الصلب، ويتم ذلك فى حفر أرضية أو كومات أو كمائن وتتجه النية أحياناً إلى كبس قش الأرز بعد تجفيفه فى مكابس خاصة للوصول إلى درجة صلابة عالية ثم يحول إلى فحم نباتى لا تقل جودته عن مخلفات الأشجار.

ج- التحويل إلى وقود غازى

وذلك بحرق القش فى جو محدود من الهواء (أكسدة جزئية) ويستخدم الغاز الناتج فى تدفئة الدواجن أو بدء تشغيل مولدات الكهرباء وتستغل هذه الطريقة فى الدول المتقدمة صناعاتاً فى المواقع التى يكون المخلف المنتج يسبب مشكلة كبيرة مثل

سرسة الأرز فى مضارب الأرز أو قوالح الذرة فى أماكن تقشير الذرة أو مصاصة القصب (الباجاس) فى مصانع السكر. وعموماً فإن هذه الطريقة تستخرج 85% من الطاقة الكامنة فى المخلف المستعمل.

د - إنتاج الطاقة الحيوية

مثل إنتاج الكحول الإيثيلى وغار الميثان بتخمير القش.

6-3-2- تدوير حطب القطن

تبلغ المساحة المنزرعة من القطن فى مصر حوالى 1.2 مليون طن ومتوسط إنتاج الفدان حوالى 1.5 طن حطب جاف وبالتالي فإن إجمالى حطب القطن 1.8 مليون طن من إجمالى المساحة المنزرعة.

وقديماً كان الحطب يستخدم فى الريف كوقود فى أفران المنازل أو يشون على أسطح المنازل كعازل لها من الحر والمطر أو يحرق فى الحقول للتخلص من ديدان اللوز مما يسبب أحياناً حرائق مدمرة وتلوثاً للبيئة وفقد ثروة يمكن الاستفادة منها.

ويمكن إجمال مجالات الاستفادة من الحطب فيما يلى:

- 1 - قولة الحطب لاستخدامه كوقود.
- 2 - صناعة الخشب الحبيبي.
- 3 - إنتاج السماد العضوى الصناعى (الكمبوست).
- 4 - تعطين سيقان القطن للحصول على ألياف.
- 5 - إنتاج الكسب من بقايا بذرة القطن.
- 6 - إنتاج البيوجاز.
- 7 - إنتاج لب الورق.

ونتكلم بالتفصيل عن بعض منها فيما يلي:

6-3-2-1- قوالب حطب القطن

يتم فرم المخلفات إلى أحجام صغيرة ثم تكبس بواسطة مكابس خاصة تحت ضغط وحرارة عالية (200°م) وتحويلها إلى قوالب منتظمة الشكل وتبلغ التكلفة التقديرية لتحويل الحطب إلى قوالب بنحو 75 - 100 جنيه للطن قوالب، ويبلغ ثمن الطن القوالب 300 - 500 جنيه. والإمكانات المطلوبة لإقامة مشروعات القوالب متوافرة من مادة خام وعمالة فنية ومعدات بسيطة محلية. وقد قامت كلية هندسة عين شمس بتصميم وتصنيع مكابس لهذا الغرض وبأسعار زهيدة جداً. والمطلوب تشجيع القطاع الخاص للاستثمار في هذا المجال مع قيام الإرشاد الزراعي بدور إيجابي.

وتتميز قوالب القطن بكثافة ظاهرية (وزن القوود الصلب الذي يمكن تخزينه في وحدة الحجم) عالية حيث تبلغ 830 كجم/م³ بينما في فحم الخشب مثلاً 190 كجم/م³ فقط كما يتضح من جدول (27).

جدول (27) مقارنة خواص قوالب حطب القطن ببعض أنواع القوود الصلب

نوع القوود	الكثافة كجم/ متر 3	المحتوى الحرارة كسمر/ كجم	نسبة الرطوبة %
قوالب القطن	83	3861	12.6
حطب القطن	63	3938	12.6
فحم الخشب	190	7757	5,36
خشب أبيض	260	4310	10.6
قوالب الذرة	185	3928	10.2
أقراص الجلة	100	3055	11.5

وتحقق العولبة العديد من الاهداف منها:

- القضاء على الآفات والحشرات الزراعية الكامنة بالمخلفات .
- سهولة التداول والتخزين والنقل .
- الحد من الآثار البيئية الضارة الناجمة عن الحرق .
- إيجاد فرص عمل لشباب القرية .
- تحسين كفاءة استخلاص الطاقة عند استخدام القولية كمصدر للطاقة .

وتعتمد جودة القولية على العوامل التالية:

- نسبة الرطوبة ويجب ألا تزيد عن 10% وتقل قوة التماسك بزيادة الرطوبة .
- حجم الحبيبات فكلما قل حجم الحبيبات؛ قلت الفراغات وزادت قوة التماسك .
- نسبة الألياف السليولوزية واللجنينية فكلما زادت زاد تماسك القوالب وثباتها وخاصة أثناء التخزين .

6-3-2- إنتاج السماد العضوى الصناعى (الكمبوست) من حطب القطن

معروف أن التربة الزراعية فى المناطق الجافة وشبه الجافة فقيرة فى المادة العضوية، وتتراوح نسبتها بين 0.2 - 2% فقط، وذلك لارتفاع درجة الحرارة وانخفاض نسبة الرطوبة وميل pH التربة إلى الناحية القلوية، أى أن جميع الظروف البيئية المحيطة مثلى لتحليل المادة العضوية الهامة فى تحسين صفات التربة الطبيعية (السعة التنبعية - البناء الأرضى - التحبب - النفاذية) والكيمائية (العناصر الميسرة - السعة التبادلية للقواعد - القدرة التنظيمية) والبيولوجية (الكائنات الدقيقة النافعة)؛ ولذا يعتبر سماد الكمبوست للمخلفات الزراعية أحد المصادر الهامة لسد النقص فى المادة العضوية بجانب السباخ البلدى، ولكن المخلفات الزراعية تتميز باتساع نسبة C/N بها وتصل إلى 1:90 أو أكثر أى فقيرة فى النتروجين، وذلك يؤدى إلى اتجاه الكائنات الدقيقة فى التربة إلى تثبيت النتروجين فى أجسامها على

حساب تيسيرها للنبات فيما يعرف بعملية Immobilization؛ ولذا يفضل تعديل نسبة التتروجين بهذه المخلفات أثناء عملية الكمر أو إضافة سماد الكمورة قبل الزراعة بفترة كافية حتى تموت الكائنات وتحلل ويعود التتروجين مرة أخرى للتربة أى تجنب فترة فقد المؤقت للعناصر.

خطوات التصنيع

- 1 - يتم تكسير وتقطيع الأحطاب إلى أطوال 6-7 سم لزيادة السطح المعرض للتحلل وسهولة التهوية والتقليب والترطيب.
- 2 - تقوم الكائنات الدقيقة العالقة بهذه المخلفات أو المضافة في صورة طبقات تربة أو حمأة أو سباح متبادلة مع المخلفات بتحليلها هوائياً إلى مواد أكثر تحللاً.
- 3 - يجب إضافة عنصرى التتروجين والفوسفور لضبط نسبة C/N/P بالسماد الناتج، ويمكن استخدام مخلفات مزارع الدواجن وورق الطيور أو حمأة المجارى الغنية بهذه العناصر وأيضاً كبادئ ميكروبى.
- 4 - المحافظة على رطوبة الكومة ما بين 50 - 60% طول فترة التحلل مع التقليب المستمر (الدورى) حتى لا ترتفع درجة الحرارة داخل الكومة إلى مرحلة الاشتعال الذاتى وتفقد الكثير من العناصر الغذائية وأيضاً لتلافى ظهور الروائح الكريهة الناتجة من التحلل اللاهوائى للمخلف، علماً بأن الحرارة المثلى 55 - 75°م تساعد فى القضاء على الميكروبات الممرضة والطفيليات.
- 5 - يحتاج الطن من السماد الى $2 \times 3 = 6$ م² وبارتفاع 2 م ويحفر لها قناة لتجميع الراشح من الكومة بعمق 10 سم.
- 6 - يفضل أن تكون الكومة قريبة من مصادر المياه وألا تكون أرضيتها منفذة للماء، وفى حالة استخدام الحمأة أو مخلفات مزارع الدواجن يعرف بطريقة الكمر المزدوج.

7 - يحتاج نضج الكمورة لحوالى 1.5 - 5.5 شهر طبقاً لنوع المخلف وعادة يعطى أو يعادل الطن الواحد من المخلفات حوالى 2.5 م³ سماد كمورة، ويستدل على نضج الكمورة بانخفاض درجة الحرارة مع اختفاء رائحة الأمونيا وظهور اللون البنى الداكن (أما اللون الأزرق أو الأخضر المزرق فغير مرغوب فيه) وتصل نسبة المادة العضوية فى السماد الناتج إلى 30-55%، التروجين 1.6 - 1.8%، عناصر الفوسفور والبوتاسيوم ما بين 0.4 - 1%، 0.5 - 1.2% على الترتيب ونسبة الرطوبة إلى 30 - 40%.

8 - بالنسبة لمعدلات التسميد لسماد الكمبوست تتفاوت حسب المحصول المسمد حيث فدان القطن يحتاج 8 م³ (حوالى 3.2 طن سماد كمبوست)، والبصل 7 م³، والفاول السودانى 6 م³، والكتان 5.5 م³، والقمح 5 م³، والقصب والسمسم 4.5 م³، والذرة الرفيعة 3.5 م³، الذرة الشامية 1.5 م³.

3-2-3-6- تعطين السيقان للحصول على الألياف

التعطين Retting كلمة قديمة معناها النقع فى الماء حيث تقوم الميكروبات بتحليل المواد البكتينية الموجودة فى الصفائح الوسطى Middle lammela اللاحمة للألياف، وذلك بإفرازها مجموعة إنزيمات البكتينيز Pectinases، وبذلك تنفرد الألياف التى تستخدم فى صناعة الحبال والدوبار والمنسوجات، ويجرى التعطين بطريقتين:

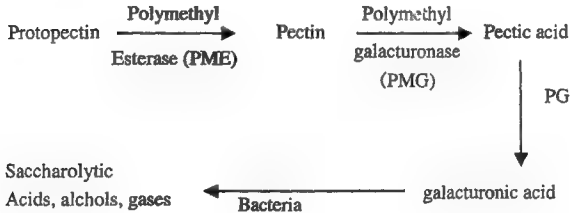
الأولى: الهوائية: حيث يتم نقع سيقان (أحطاب القطن) فى أحواض كبيرة موهوة كما يحدث فى شركة الجوت والكتان ببليس، أو ترك معرضة للندى والأمطار كما فعل قدماء الفراعنة.

الثانية: اللاهوائية: يتم النقع فى ماء جار أو راكد فى الترع والمصارف بعد تربط الأحطاب فى حزم وهى الأكثر استخداما فى الريف.

تمر عملية التعطين بثلاث مراحل:

أ - المرحلة الطبيعية حيث تمتص سيقان النبات الماء وتتفخ وتخرج منها المواد السكرية القابلة للذوبان (تشكل حوالي 12% من الوزن الكلى).

ب - المرحلة البيولوجية حيث تنشط البكتيريا الهوائية أولاً لاحتواء الماء على السكريات الذائبة والأكسجين حتى يستهلك فتتنشط الميكروفلورا اللاهوائية التي تفرز إنزيمات البكتينيز التي تحلل المواد البكتينية في الصفائح الوسطى، كما هو موضح بالمعادلات التالية، وتنفصل الألياف وتتكون بعض الأحماض كالحليك والبيوتريك وكحولات مثل الإيثانول والأسيتون، ويجب عدم زيادة مدة التعطين حتى لا يتحلل سليلوز الألياف نفسه وتدخل عندئذ في مرحلة Overretting، ومن أمثلة الميكروبات المحللة *Cl. pectinovorum* , *Clostridium flsineum*.



ج - المرحلة الميكانيكية وتشمل الغسيل والتجفيف والتمشيط وتبييض الألياف.

6-3-2-4- إنتاج الكسب من بذرة القطن

وهو عبارة عن الجزء المتبقى من البذور بعد استخلاص الزيوت منها، ويتم استخلاص الزيوت إما بالعصر (الضغط الهيدروليكي) أو باستخدام المذيبات العضوية ويتبقى التفل (القشر واللُب) وهو مصدر جيد للبروتين حيث تصل نسبته إلى 23%؛ ولذا يدخل في صناعة الأعلاف الحيوانية.

6-3-3- تدوير حطب الذرة

تبلغ المساحة المزروعة من الذرة الشامية في مصر 2.94 مليون فدان ومن الذرة الرفيعة 0.9 مليون فدان حسب إحصائيات سنة 2000 ويبلغ متوسط الحطب المتخلف عن الفدان الواحد 1.5 طن وبذلك فإن إجمالي أحطاب الذرة الشامية والرفيعة على مستوى الجمهورية حوالى 4.5 مليون طن سنوياً.

أهم طرق الاستفادة من حطب الذرة

1 - أعلاف خضراء طازجة.

2 - كمره وتحويلة لسماذ عضوى.

3 - السيلجة Ensilage.

4 - تخميره لإنتاج البيوجاز.

أعلاف خضراء وسماذ عضوى

يمكن استخدام أحطاب الذرة كعلف أخضر طازج للحيوانات (عبدان خضراء) أو يقطع لأجزاء صغيرة ويكمر لإنتاج سماذ عضوى وقد يخلط مع قش الأرز أو حطب القطن، والفائض يجفف وكان يستخدم حتى سنوات قريبة مضت كوقود فى أفران المنازل حتى دخل البوتاجاز والكهرباء الريف وحلا محلها.

السيلجة Ensilage

السيلاج هو العلف الأخضر الرطب المخزون فى صومعة Silo أو حفرة تتوفر فيها ظروف التخزين المناسبة، ويحدث ذلك خاصة فى المناطق الرطبة التى لا

تساعد ظروفها على تخفيف الدريس كما فى أوروبا وأمريكا وأيضاً فى مصر فى فصل الشتاء ليستهلك فى فصل الصيف عند ندرة العلف.

فوائد السيلاج

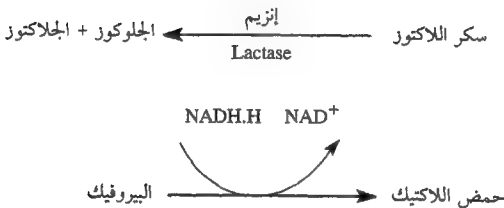
- 1 - ارتفاع معدل هضم المركبات الغذائية نتيجة فعل الميكروبات والإنزيمات.
- 2 - ارتفاع قيمته الغذائية لاحتوائه على كمية بروتين أعلى من الدريس.
- 3 - إقبال حيوانات المزرعة عليه لطعمه المستساغ ونكهته الطيبة.
- 4 - تقليل الفاقد الناجم عن التخزين الجاف.
- 5 - توفير العلف الحيوانى فى أى فصل طوال السنة خاصة فصل الصيف.
- 6 - يمكن إدخال بعض المحاصيل البقولية كالذول والتمرس والبرسيم لزيادة المحتوى البروتينى.

كيفية عمل السيلاج الجيد

- الحصاد عند أعلى مستوى من السكريات وأقل محتوى من الألياف حسب المحصول المستخدم.
- تقطيع الأحطاب إلى أجزاء صغيرة (5-30 سم).
- ضبط المحتوى الرطوبى داخل صومعة التخزين.
- أبعاد الصومعة تقريباً $3 \times 4 \times 3$ م (طولاً وعرضاً وارتفاعاً) على أن تكون أرضيتها خرسانية ذات ميل لتجميع السوائل مع توفير مشمع للتغطية أو أجولة فارغة.
- يراعى الكبس الجيد بجانب التغطية لتقليل دخول الهواء ما أمكن مع وضع أثقال على الغطاء لمنع تطايره.
- تنمو البكتيريا والخمائر والفطريات الملوثة لأسطح النباتات أو الموجودة بالتربة العالقة بها ثم لا يلبث أن يقف نموها لاستنفاد الأكسجين، وتبدأ الميكروفلورا اللاهوائية فى النشاط فتتحول السكريات إلى أحماض،

وذلك بواسطة بكتيريا حمض اللاكتيك الكروية ويستمر فعلها حتى يصل تركيز الأحماض إلى درجة معينة بعدها تنشط بكتيريا حمض اللاكتيك العصوية التي تنتج كمية وافرة من الأحماض بسبب وقف نشاط الميكروبات الأخرى غير المرغوب فيها وخصوصاً المحللة للبروتينات.

معادلة التحلل



- يراعى أن تصل درجة الحموضة في السيلاج إلى pH 4 بسرعة لإيقاف نمو الميكروبات المحللة للبروتين حيث تنتج مواد ذات رائحة كريهة وأيضاً لإيقاف البكتيريا المنتجة لحمض البيوتريك *Cl. butyricum* والذي تعافه الحيوانات، ويمكن الإسراع في الوصول إلى درجة الحموضة المطلوبة بإضافة المولاس بعد تخفيفه بالماء لتشجيع نمو بكتيريا حمض اللاكتيك أو إضافة مخلوط من حمض الهيدروكلوريك مع الكبريتيك بنسبة 1:4 لكل 100 لتر ماء لخفض pH مباشرة، وتعرف بطريقة Vertanen أو استعمال بادئ Starter من بكتيريا حمض اللاكتيك لزيادة نشاطها.

- يجب التحكم في درجة الرطوبة في الصومعة وألا تقل عن 40 % وألا ترتفع الحرارة عن 25 - 35°م.

6-3-4- تدوير مخلفات القصب

تبلغ المساحة المزروعة من قصب السكر فى مصر حوالى 400 ألف فدان يتركز معظمها فى الوجه القبلى وتبلغ إنتاجية الفدان 50 طنا/ فدان ويتخلف عن الفدان 8 إلى 10 طن مخلفات، وبذلك يبلغ إجمالى مخلفات قصب السكر 4 مليون طن على المستوى المحلى. وتشمل مخلفات القصب (القالوج أو الزعزوعة - المصاصة أو باجاس - السفير - المولاس) ويضاف إليها 1.4 مليون طن مخلفات بنجر السكر الناتج عن زراعة 140 ألف فدان فيكون إجمالى مخلفات القصب والبنجر 5.4 مليون طن/ سنة، ويمكن الاستفادة من هذه المخلفات أو تدويرها كالتالى:

6-3-4-1 إنتاج البروتين الميكروبي

حيث أمكن تنمية أنواع معينة من الخمائر مثل *Candida utilis* على المولاس الباجاس لإنتاج الكتلة الحيوية الميكروبية (MBM) وبالتالي زيادة المحتوى البروتينى للمخلف المستخدم بنسبة 10 - 15% مما يرفع من قيمته كعلف متكامل أو كجزء من العليقة، كما أمكن تربية أجناس من البكتيريا على المصاصة مثل *Cellulomonas*, *Alcaligenus* والتي تحتوى نسبة عالية من البروتين الخام وبعض الأحماض الأمينية (حمض ميثونين) والتي يسهل فصلها واستخدامها كغذاء للإنسان والحيوان، وهذا البروتين يشبه فى تركيبه بروتين فول الصويا.

6-3-4-2 الدريس والوقود

يمثل القالوج أو الزعزوعة 25% من وزن القصب وتستخدم طازجة أثناء الموسم فى تغذية الحيوانات مباشرة أو تُجمع وتُجفف وتستخدم كدريس بعد فترة الموسم.

أما الباجاس Bagasse أو المصاصة ويمثل 25% من وزن القصب وهى بقايا العيدان بعد عصرها ويتركب من ألياف 45 - 48%، ومواد صلبة 2-5%، ومياه 48-50% ويستخدم كوقود بمصانع السكر للتدفئة وتسخين القصب، بالإضافة إلى السفير وهو القشرة المحيطة بعيدان القصب.

3-4-3-6 إنتاج الخشب الحبيبي

حيث تخزن المصاصة لتجف ويتحلل ما بقى فيها من سكر ثم تفرز حسب طول الليفة وتضاف إليها المادة اللاصقة (يوريا فورمالدهيد) ثم تكبس على الساخن، ثم يعقب ذلك عمليات الصنفرة والتنعيم والتشطيب والتغطية بمادة الميلامين.

3-4-4-6 صناعة لب الورق

حيث يتم فرز المصاصة لفصل النخاع والألياف الدقيقة من الألياف الطويلة ويعقب ذلك عملية طبخ الألياف الطويلة بإضافة الصودا الكاوية وكبريتات الصوديوم تحت ضغط وحرارة مرتفعة.

ثم عملية التبييض وتشمل معالجة الكتلة المطبوخة بالكلور بنسبة 8%، ثم استخلاص الصودا والأكسدة بالهيبوكلوريت، ثم عمليات التجفيف والفرد، وأخيراً عملية الاسترجاع الكيماوي وذلك بتبخير السائل الناتج من عمليات الطبخ واسترجاع الصودا الكاوية والكبريتات لإعادة استخدامها بعد المعالجة بالجير.

3-4-5-6 صناعة الكحول الإيثيلي من المولاس

المولاس سائل لزج غليظ القوام تصل نسبته إلى 4,5% من عصير القصب، ويحتوى على مواد سكرية تصل إلى 52% من المواد الصلبة فيه إلا أنه لا يمكن بلورتها لارتفاع لزوجتها. ويمكن تنمية خميرة *Saccharomyces cerevieiae* على المولاس بعد تخفيفه بالماء لتعديل نسبة السكر به إلى 10-18% وضبط الحموضة بإضافة حمض الكبريتيك عند pH 4-4,5 وتنظيم كمية الهواء لإتمام عملية التخمر حيث تقوم الخميرة بتحويل سكر الجلوكوز إلى كحول إيثيلي.



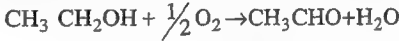
وبعد إتمام عملية التخمر (50 ساعة) ووصول نسبة الكحول إلى 7% على الأقل بالمخمر يتم تقطير السائل المتخمر للحصول على الكحول في صورة نقية بنسبة 96%.

6-4-3-5 إنتاج ك أ₂ السائل من المولاس

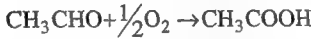
يتم تجميع غاز (ك أ₂) الناتج من العملية السابقة ويوجه إلى وحدة إسالة الغاز، حيث يتم غسله بالماء، ثم بمحلول برمنجنات البوتاسيوم لأكسدة الشوائب، ثم فحم نباتي لإزالة الرائحة ثم يتم ضغطه وتبريده لتحويله إلى سائل بدرجة نقاوة 99.8% ويستخدم في المشروبات الغازية وعمليات الإطفاء.

6-4-3-7 إنتاج الخل وحمض الخليك الثلجي والأسيتون من المولاس

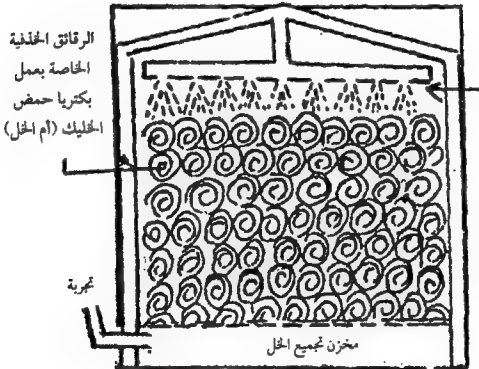
حيث تم أكسدة الكحول الإيثيلي بعد تخفيفه وإضافة بكتيريا حمض الخليك (أم الخل) *Acetobacter sp.* التي تؤكسده إلى أسيتالدهيد ثم الخليك، وذلك في براميل خشبية ضخمة حيث يُحمل الميكروب على نشارة الخشب ويمر عليها محلول الكحول كرفاذ حيث تتم الأكسدة، ويتم جمع الخل من أسفل البرميل الذي يتم تخفيفه بالماء إلى 6% للاستهلاك المحلي (شكل رقم 22).



أسيتالدهيد



حمض الخليك



شكل (22) رسم تخطيطي لبراميل إنتاج الخل

إنتاج حمض الخليك الثلجي

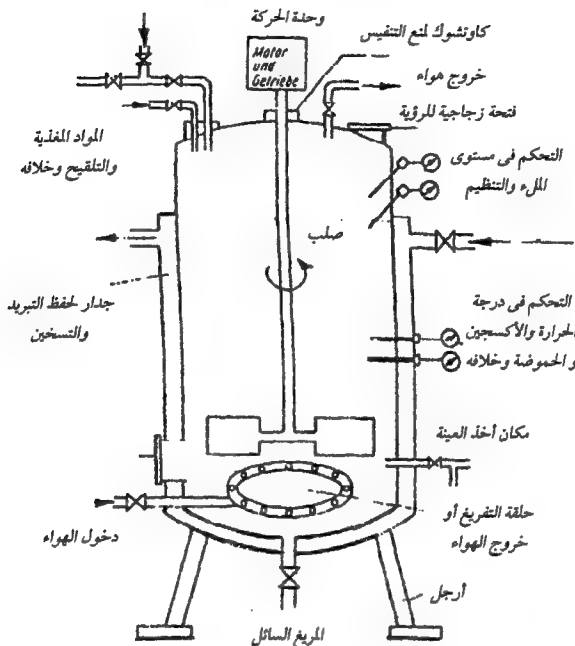
حيث يتم تركيز حمض الخليك 11% الناتج من العملية السابقة إلى تركيز 99% فى وحدات خاصة وبمساعدة خلاات الإيثيل كمذيب ويستخدم فى المعامل البحثية وصناعة النسيج والصباغة.

إنتاج الأسيتون

وهى عملية ميكروبية حيث يتم تخفيف المولاس ومعالجته وتعقيمه وتبريده تضاف بكتيريا *Clostridium acetobutricum* التى تحول السكريات فى المولاس إلى أسيتون وبيوتانول.

6-3-4-8- إنتاج خميرة الخباز بتخمير المولاس

حيث تنمى سلالات من خميرة *Saccharomyces cerevisiae* فى مخمرات ضخمة شكل رقم (23) تسع عدة أطنان من مخفف المولاس وهو عبارة عن مادة لزجة تحتوى على 50% سكر (جلوكوز، سكروز، فركتوز) مع إضافة بعض الأملاح المعدنية والفيتامينات وتوفير التهوية المناسبة ودرجة حرارة 25-30°م، ويتم التخمير إما بطريقة التغذية المتقطعة Bach culture أو التغذية المستمرة Continuous culture ثم يتم طرد مركزى لمعلق الخميرة للحصول على كريمة الخميرة التى يتم غسلها لإزالة الشوائب ثم تجفف وتشكل فى صورة قوالب وتغلف فى عبوات غير منفذة للماء وتحفظ أو تخزن عند 4°م حتى أثناء النقل والتوزيع وتستخدم فى الأفران فى صناعة الخبز.



شكل (23) رسم تخطيطي لمخمر ضخيم لإنتاج الخميرة ومستخلصاتها

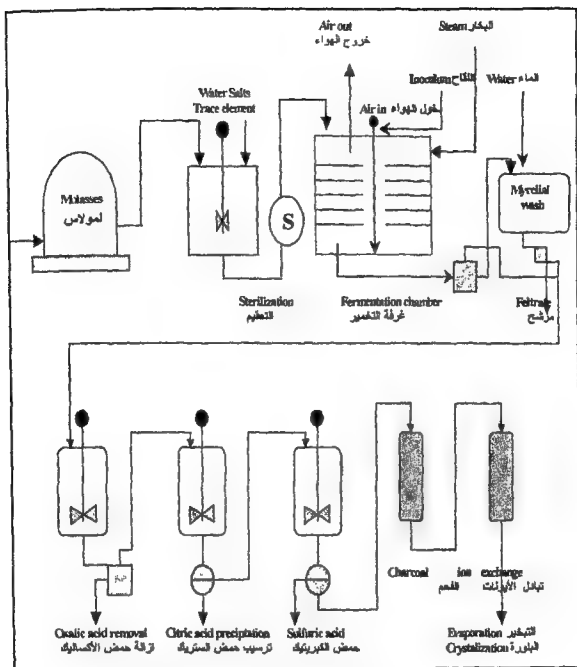
9-4-3-6 إنتاج المضادات الحيوية والفيتامينات والإنزيمات

ويتم في هذه الحالة إنتاج كتلة حيوية من خلايا الخميرة الغنية بالدهون أو الفيتامينات مثل مجموعة فيتامينات ب المركب B-Complex من خميرة *Saccharomyces* والتي تشمل فيتامينات الريبوفلافين والنياسين والثيامين والبيوتين

وإنتاج فيتامين ب12 (سيانوكوبلاميد) من بكتيريا *Propionibacterium*، *Streptomyces* أو إنتاج مجموعة مضادات حيوية من بعض أجناس الفطريات مثل *Penicillium*، الأكتينوميسيتات مثل *Streptomyces* ويتم الإنتاج فى مخمرات ضخمة محتوية على البيئة الغذائية المناسبة المحتوية على المولاس كمصدر للكربون وبعد فترة نمو مناسبة يتم جمع الخلايا بالطرد المركزي أو الترشيح، ويتم استخلاص الفيتامينات أو المضادات الحيوية وتنقيتها.

6-3-4-10 إنتاج حمض الستريك من المولاس

حيث يستخدم عادة فطر *Aspergillus niger* أو خميرة *Candida* فى إنتاج الستريك بتنميته على بعض المواد الخام مثل المولاس أو الباجاس، وذلك من خلال دورة كريس مع حفظ التهوية حتى لا تحدث الأكسدة الكاملة ويتكون (ك₂)، ويشترط للحصول على إنتاج عال من الحمض انخفاض تركيز واحد أو أكثر من العناصر الأساسية لنمو الفطر مثل الفوسفور أو المنجنيز أو الحديد أو الزنك فى بدء التخمر مع زيادة تركيز السكر (المولاس) والتهوية الجيدة، وتتم تنمية الفطر فى أوان (صوان) غير عميقة مصنعة من الألومنيوم أو الاستنلس وترص فوق بعضها فى أرفف، ولا يجب أن يزيد عمق البيئة المستخدمة عن 8-12 سم ويخفف المولاس إلى تركيز سكر 15-20% وتحمض البيئة بإضافة حمض الفوسفوريك حتى يصل درجة pH إلى 6-6.5 ثم يسخن المحلول إلى 80°م ويبرد إلى 40°م ويتم التلقيح بجراثيم الفطر حيث تنبت الجراثيم فى خلال يومين وتضبط حرارة التحضين عند 30°م حيث تتكون طبقة مجمدة من ميسليوم الفطر تطفو على السطح ويبدأ تكوين حمض الستريك ويصل إنتاج الحامض إلى 60% من السكر المضاف خلال 1-2 أسبوع. ويوضح شكل (24) العمليات المختلفة لإنتاج حمض الستريك.



شكل (24) رسم تخطيطي لإنتاج حمض الستريك بالطريقة السطحية

ويستخدم فطر الأرجوت *Claviceps purpurea* فى إنتاج فيتامين (د) وأيضاً بعض المواد الكالودية Alkaloids التى تستخدم فى الأغراض الطبية حيث تسبب انقباضات سريعة وقوية فى الرحم؛ ولذا تستخدم فى منع النزيف أثناء الولادة.

كما تنمى بعض الفطريات التابعة لأجناس *Rhizopus*, *Mucor*, *Aspergillus* لإنتاج إنزيم الأميليز والبروتينات.

كما تستخدم بعض أنواع من الأشنيات *Lichens* فى إنتاج صبغات معينة مثل *Rosella lichen* الذى يستخرج منه صبغة دليل عباد الشمس.

5-3-6- تدوير مخلفات بنجر السكر

- يصل متوسط محصول بنجر السكر إلى نحو 19 طنا/ فدان، وقد يصل فى بعض المناطق لمعدلات 25 أو 30 طنا/ فدان وبلغت المساحة المزروعة به 140 ألف فدان فى مصر وتتشر زراعته الآن فى العديد من البلدان العربية.

- العروش والأوراق المتبقية بعد جمع المحصول وفصل الدرنات وتسليمها إلى مصنع السكر يمكن استخدامها كعلف حيوانى أخضر طازج أو يتم تجفيفها واستخدامها كدريس فى أوقات الحاجة كما فى أشهر الصيف أو تحفظ كسيلاج فى حالة زيادة كمية المخلفات عن الاستهلاك، ويفضل عندئذ خلطه مع قش الأرز لمعادلة الرطوبة الموجودة بالسيلاج لتلافى إصابة الحيوان بالانتفاخ أو الاضطرابات المعدية.

- أما مخلفات صناعة السكر من البنجر فتشمل جزئين أساسيين:

أ - لب وتفل بنجر السكر وهو الناتج الجاف المتبقى بعد استخلاص السكر من الدرنات، وتمثل نسبته حوالى 5,5% من وزن الدرنات وتكون قيمته الغذائية مصاصة القصب (الباجاس) حيث يحتوى تفل البنجر على 9.2% بروتين خام، 3.2% دهن خام، 32.2% ألياف خام، 6.6% رماد خام ويستخدم كعلف حيوانى أو فى إنتاج البكتين.

ب - مولاس بنجر السكر وهو الناتج الثانوى من صناعة السكر من البنجر وهو سائل سميك القوام ويمثل حوالى 5% من المحصول ويستخدم فى الصناعات التخمرية التى سبق ذكرها فى مولاس قصب السكر.

6-3-6- تدوير مخلفات الزيتون والتمور

- يتبقى بعد عصر ثمار الزيتون لاستخراج الزيت فى المعاصر المختلفة (سواء بدائية أو حديثة) جزء كبير يصل إلى 25% من الزيتون المصنع، ويمثل الغلاف الخارجى للثمرة (القشرة) واللّب والنواة، ويمكن الاستفادة منه (تدويره) فى عمل كسب للمواشى وأعلاف الدواجن وسماد عضوى؛ نظراً لاحتوائه على كثير من العناصر الغذائية مثل الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم وأيضاً بروتين وبقايا الزيوت وسليولز بنسب معقولة.

- أما مخلفات تصنيع التمور فتشمل الثمار غير الصالحة والنوى ويستفاد من الأولى بإنتاج مخلفات التمور وتشمل الثمار السقط (غير مكتملة النمو) أو القيعى (غير الملقحة) أو الثمار منخفضة الجودة (المعطوبة) وتسقط أسفل النخيل حيث يتم تعبئة الثمار فى محلول ملحي 40 بالميتير وترك لمدة أسبوعين ثم تعبأ فى محلول التخليل مع محسنات النكهة وتخزن.

- أما نوى التمور فتصل نسبته إلى حوالى 5-8% من جملة إنتاج التمور الطارج، ويمكن استخدامه فى عمل علف للمواشى بعد جرشه وطحنه أو إنتاج بدائل القهوة بعد تحميص النوى على درجات حرارة مرتفعة ثم طحنه ويمتاز بانخفاض محتواه من الكافيين ويناسب مرضى القلب والشرايين.

6-3-7- تدوير مخلفات نباتات الألياف

وتشمل الكتان والتيل والقصب والكركيه، حيث يستفاد من البذور فى عمل الكسب، أما الساس أى السيقان بعد فصل واستخراج الألياف منها فإنها تستخدم فى صناعة الخشب الحبيبي بعد تجفيفها وفرمها، ولا ننسى أزهار الكركيه التى تجفف وتستخدم كمشروب قلوى التأثير يفيد مرضى الضغط والقلب، وقد سبق الحديث عن كيفية عملية التعطين.

6-3-8- تدوير مخلفات صناعة الألبان

وتشمل الإنتاج المنتهى الصلاحية والمرتجع إلى المصنع والشرش الناتج من تصنيع الجبنة، أما المرتجع كالكشدة والزبدة فيمكن إعادة تصنيعها إلى سمن ما دامت صالحة لم تفسد بعد ولا تحتوى ميكروبات مرضية، أما الجبن واللبن المتخمر فيمكن تحويلها إلى جبن المش، أما الشرش وهو يشكل حوالى 70-75% من حجم اللبن المصنع إلى جبن فإنه يعتبر من أكبر الملوثات فى مصانع الألبان لاحتوائه على نسبة عالية من المواد العضوية (TSP, COD, BOD) كما يتضح من الجدول التالى (جدول 28).

ويترتب على صرف الشرش بدون معالجة عملية إغناء وتخصيب للقنوات المائية مما يترتب عليه نمو الطحالب والنباتات المائية وأيضاً زيادة نشاط الميكروبات فى عمليات الأكسدة مما يترتب عليه استهلاك الأكسجين الحيوى بهذه القنوات وتصبح مينة بيولوجياً.

جدول (28): خصائص الشرش.

المواصفات	الشرش الحلو	شرش اللجنة البيضاء	مولاس قصب السكر
التركيب الكيميائي في الغذاء النهائي			
الوزن النوعي (كجم/ لتر)	1025	1030	1262
الأس الهيدروجيني (أو نسبة الحموضة)	6.40 (0.05)	6.55 (1.089)	5.5
نسبة الرطوبة (%)	91.95	94.45	25
المادة الجافة (%)	8.05	5.55	75
المادة الصلبة غير الدهنية (%)	7.55	5.55	75
الدهون (%)	0.50	0.00	0.1
البروتين الخام (%)	1.10	0.25	3.2
الكربوهيدرات القابلة للذوبان (%)	5.20	4.90	62.75
إجمالي الرماد (%)	0.52	0.50	9.2
المحتوى الغذائي (المادة الجافة الأساسية)			
إجمالي التروجين (%)	1.30	0.26	0.66
التروجين الخالي من البروتين (%)	0.34	0.24	-
الكالسيوم (%)	0.058	0.055	0.89
الفوسفور (%)	0.52	0.045	0.082
الطاقة الصافية إنتاج الألبان (ميغاكالوري/ رطل)	0.90	0.85	0.65
إجمالي الطاقة (ميغاكالوري/ رطل)	1.86	1.7	1.4
السعر غير شامل النقل "سعر البوابة" (جنيه مصري/ طن)	لا شيء	لا شيء	220

المرجع: صلاح الحجار، 2003

وينقسم الشرش الى نوعين:

الشرش الملح	الشرش الحلو:
يُنتج من عملة تصنيع الجبن الجاف يُنتج من تصنيع الجبن الأبيض (الديماطي)	
نسبة الملح 10-15%	نسبة الملح 1%
نسبة الجبن / الشرش 1: 1.5	نسبة الجبن / الشرش 1: 5

تدوير الشرش

- 1 - إنتاج اللبن المجفف عديم الدهن.
- 2 - إنتاج البروتين الميكروبي: ولا تختلف تنمية الخمائر الغنية بالبروتين (الخمائر الغذائية) على الشرش عن تنميتها على المولاس إلا في نوع السلالة المستخدمة، ففي الشرش *Kluyveromyces fragilis* وكل لتر واحد من الشرش الحام (المضاف إليه 1% كبريتات أمونيوم، 0.5% فوسفات بوتاسيوم) يُنتج 23 جرام خميرة تحتوي 50% من وزنها بروتين خام.
- 3 - إنتاج الكحول الإيثيلي، حيث يتم تركيز الشرش ثم تخميره بواسطة السلالة السابقة ووجد أن كل 42 لترا من الشرش تعطي لتراً من الكحول الإيثيلي.
- 4 - استخدام الشرش في إنتاج عيش الغراب (المشروم) حيث يتم نزع البروتين من الشرش بالترشيح الدقيق حتى تصبح نسبة الكربون: التروجين 5.6: 1 مع ضبط pH على 4.4 - 5.5 مع إضافة 1% بيتون، 1% مستخلص خميرة للمساعدة في إنتاج الكتلة الحيوية من فطريات *Morcella*.
- 5 - استخدامه كعلف للحيوانات حيث يمكن ترسيب بروتينات الشرش باستخدام الحرارة والحموضة ثم تجفف وتستخدم في صناعة الأعلاف،

ويتفوق الشرش عن المولاس باحتوائه على نسبة جيدة من الأملاح المعدنية، كما أن الشرش يمكن أن يحل محل 100% من المياه الداخلة إلى المزرعة وأرخص من المولاس (بحوالي 6.8%) وينعكس ذلك على تكلفة كيلو اللحم في مزارع التسمين.

9-3-6- تدوير ورد النيل والحشائش المختلفة

ورد النيل هو أحد الحشائش المائية السريعة النمو والانتشار بالترع والقنوات والمصارف المائية، ومنشأ هذا النبات هو المناطق الاستوائية بأمريكا الجنوبية، وقد دخل إلى مصر في منتصف القرن التاسع عشر كنبات زينة وله قدرة عالية على التكاثر، حيث يعطي النبات الواحد حوالي 4.5 مليون نبات خلال سبعة أشهر تغطي مساحة سطحية قدرها 14928 م² تقريباً.

أسباب انتشار ورد النيل

- 1 - توقف الفيضانات التي كانت تكنس أمامها بقايا النباتات والحشائش المائية.
- 2 - خلو الماء من الطمي بما يساعد على تخلل الضوء إلى المياه وبالتالي يزيد من نمو وتكاثر الحشائش.
- 3 - زيادة نسبة مخلفات الأسمدة الكيماوية المنصرفة إلى القنوات المائية بسبب التسميد غير المحسوب مما يشجع نمو هذه النباتات بغزارة.
- 4 - تراجع عمليات تنظيف الترع والمصارف الدورية.

الأضرار الناجمة عن تزايد ورد النيل والحشائش المختلفة

- 1 - إعاقة الملاحة وسد الترع وتعطيل الري.
- 2 - تجمع القواقع والمحار مما يسبب زيادة الأمراض كالبهارسيا والإنكلستوما.
- 3 - تسبب خفض الأكسجين الذائب نتيجة تنفسها مما يهدد الأحياء المائية كالأسماك والقشريات بالقضاء فيما يعرف بظاهرة التسارع البيولوجي Eutrophication مما يؤدي إلى الموت البيولوجي للأنهار والبحيرات.

4 - فقدان كمية كبيرة من المياه بالتبخر نتيجة كبر المساحة السطحية لأوراق ورد النيل .

فوائد ورد النيل

- تنقية وتخليص المياه من المعادن الثقيلة والمبيدات خاصة صرف المصانع .
- الاستفادة منه كعلف حيوانى أو علائق للبط والدواجن .
- الاستفادة منه كمصدر للوقود بعد تجفيفه .
- تتميز جذوره بإفراز إنزيم اليورياز الذى يحلل سماد اليوريا (صرف زراعى) .
- إنتاج الغاز الحيوى حيث أمكن الحصول على 374 لتر بيوجاز/ كجم نبات جاف .
- ورغم أن ورد النيل يعتبر جهازاً طبيعياً لتنقية مياه الأنهار والترع والمصارف ولكن عندما يصل إلى مرحلة الإعاقة النهرية فإن مكافحته واجبة بالطرق الميكانيكية .

إمكانات تدوير ورد النيل

1 - تصنيعه كعلف حيوانى

نظراً لاحتواء ورد النيل على تركيزات من المعادن الثقيلة والمبيدات أيضاً احتوائه على مواد قلوية مهيجة للأغشية مما جعله فى صورته الطازجة غير مستساغ للحيوانات ؛ لذا يجب تجهيز النبات ليكون غذاء صحياً ومقبولاً للحيوانات بمرعاة عدة اعتبارات وإجراءات كالتالى :

- أ - ضرورة قطع جذور النبات واستبعادها نهائياً حيث تتركز به العناصر الثقيلة كالرصاص والحديد والزنك والنحاس والسيلكا وغيرها .
- ب - ضرورة تقليل الرطوبة به حتى 12% خصوصاً عند عمل السيلاج منه أو خلطه ببعض المخلفات الحقلية مثل حطب الذرة أو تبين القمح أو الفول أو قش الأرز .

ج - انتقاء الأماكن التي تجمع منها ورد النيل في مجرى نهر النيل وتجنب الأماكن المجاورة للمناطق الصناعية أو المصارف الملوثة بالصرف الزراعي من مبيدات وأسمدة كيماوية.

د - يفضل إدخاله في الأعلاف المتكاملة وليس كمصدر غذائي وحيد للحيوانات ولا تزيد نسبته عندئذ عن 20%.

هـ - عدم إعطاء دريس أو سيلاج ورد النيل للمجترات أو الحملان بعد الفطام مباشرة ولكن بعد ستة أشهر على الأقل من عمرها.

وقد لوحظ وجود تقارب بين التركيب الغذائي من الأجزاء الخضرية لورد النيل المجفف جزئياً والخشنة الأولى للبرسيم حيث كان تركيز النشا 45.5% في البرسيم مقابل 41.00 - 50.8% في ورد النيل والبروتين المهضوم 13.1% في البرسيم مقابل 12.8 - 15.9% في الآخر والطاقة المهضومة 2,3 ميجا كالورى/كجم في الأول مقابل 2.00 - 2.5 في الثاني.

2 - سليجة ورد النيل

حيث تتم عملية تقطيع الجذور واستبعادها ثم تقطع الأوراق والسيقان إلى أجزاء بأطوال 3-5 سم بواسطة ماكينات التقطيع ثم يترك ليالجف حتى تصل الرطوبة إلى 65-70% ثم يخلط ببعض المواد الخشنة مثل قش الأرز أو تبين الفول بنسبة تصل إلى 20% وأخيراً تتم إضافة المولاس بنسبة 5-10% من المخلوط الكلى، ثم يتم تشوين المخلوط في طبقات متبادلة من نبات ورد النيل وقش الأرز أو حطب الذرة، وتكيس بالجرار الزراعي ذهاباً وإياباً حتى ارتفاع 1.5 - 2 متر ويغطي السطح بالمشمع أو قش الأرز أو طبقة من الطمي لإحكام عملية العزل والضغط. وتستمر عملية الكمر لعمل السيلاج لمدة لا تقل عن شهرين، وبالتالي يمكن الاستفادة من هذه المخلفات النباتية الملوثة للبيئة.

3 - استخدام ورد النيل في الصناعة

أ - في إنتاج الفحم النباتي.

ب - في صناعة الورق الأسمر والكرتون والألواح وذلك بعد خلطه بقش الأرز بنسبة 1:1.

جـ - فى استخلاص المعادن الثقيلة وذلك بفصل الجذور وحرقها.

د - الاستفادة منه كسماد رخيص، وخاصة فى الأراضى المستصلحة حديثاً وذلك لزيادة المادة العضوية وعناصر النروجين والفوسفور والبوتاسيوم.

هـ - فى تنمية وإنتاج عيش الغراب حيث يخلط مع النخالة ومسحوق الحجر الجيرى واليوربا والفوسفات العضوية بنسبة 100 ورد نيل: 10 نخالة: 5 مسحوق حجر جيرى: 1.5 يوربا وفوسفات.

4 - هضم ورد النيل باستخدام ديدان الأرض Earth worms

حيث تقوم الديدان بالتغذية على المخلف العضوى وهضمه وبناء أجسامها، أما مخلفاتها فتعتبر سماداً عضوياً جيداً أى أن الديدان تعتبر مصنعاً قائماً بذاته حيث تحول المخلفات الى سماد عضوى فى غضون عدة أسابيع وهى عملية اقتصادية ورخيصة وغير ملوثة، وقد أثبتت الدراسات (أبو سعدة، 1993) لدراسة سلوكيات الديدان والسماد الناتج فوجد أنه ذو نسبة C/N ضيقة وكتلة حيوية مرتفعة ونشاط إنزيمى عال، ويمكن استخدامه بدلاً من التربة الصناعية Beat moss المستخدمة فى المشاتل وأهم الديدان المستخدمة *Eisenia foetida*, *Lumbricum rubellos* حيث تعطى الدودة الواحدة خلال عام واحد ألف دودة.

10-3-6- تدوير مخلفات صناعة الزيوت والصابون

حيث تقوم هذه المصانع بإنتاج زيوت نباتية من بذور القطن وعباد الشمس وفول الصويا والسمسم والكتان وأيضاً إنتاج السمن النباتى والصابون والجليسرين، وتشمل مراحل العملية الصناعية ما يلى:

- الاستلام والغرلة وإزالة الشوائب العالقة بالبذور.

- طحن البذور والطبخ والعجن.

- استخلاص الزيوت بالمذيب (الهكسان).

- تكرير الزيت الخام والتعبئة.

ويتخلف عن عملية الإنتاج والتصنيع بعض المشكلات مثل:

أ - كمية كبيرة من كسر البذور والقشور تعامل كمخلف ولا يعاد استخدامها.

ب - فقد كمية كبيرة من الزيت (1/2 طن سنوياً) للتسرب أثناء التكرير والتعبئة والتداول والنقل.

ج - احتواء مياه الصرف الناتجة عن التكرير على نسبة عالية من المواد الدهنية (200 جزء/ مليون من إجمالي الزيوت والسموم) مما يرفع BOD إلى معدلات أضعاف المسموح به محلياً وعالمياً.

إمكانية تدوير المخلفات

1 - إعادة استخدام القشور وكسر البذور الناتجة في عمل الكسب (كعلف حيواني) وهو مصدر جيد للبروتين (حوالي 23% في كسب القطن).

2 - جمع الزيوت الفاسدة أو المسكوبة وإعادة تدويرها حيث يمكن استرجاعها عن طريق الفصل بالتأكل Gravity oil separator أو التعويم بالهواء الذائب (DAF).

3 - جمع المواد غير القابلة للتصين (المكونات الصغرى للزيوت النباتية) وهي مواد ذات قيمة اقتصادية كبيرة وتدخل في العديد من الصناعات الدوائية وتشتمل على إستيرولات نباتية - مركبات فيتامينات أ، هـ - شموع نباتية - بيتاكاروتين ويمكن فصلها بتصين الزيوت بالصودا الكاوية أو مشابهاً لها، ويلى ذلك عملية غسيل بالماء لفصل هذه المواد غير القابلة للتصين.

11-3-6- تدوير مخلفات صناعة النشا والجلوكوز

تقوم صناعة النشا والجلوكوز على استخراج النشا من المحاصيل الغنية به مثل درنات البطاطس والبطاطا وينجر السكر وحبوب الذرة، والنشا هو المادة الرئيسة في تصنيع الجلوكوز الذى يدخل فى مختلف أنواع الحلويات.

وأهم المخلفات الناجمة عن هذه الصناعة ما يلي:

1 - جلوتين الذرة، وهو ناتج ثانوى بعد استخلاص النشا والجلتين واستبعاد القشور الخارجة للحبوب ويعتبر مصدراً غنياً بالبروتين (حوالى 40-60% بروتين خام) ويتوقف ذلك على طريقة التصنيع، ولكنه فقير فى العديد من الأحماض الأمينية.

2 - الجلوتوفيد، وهو ما يتخلف بعد استخلاص الجلوتين فى ماء النقع ويحتوى على نحو 16% بروتين، 12% ألياف خام.

3 - كسب جنين الذرة، ويحتوى على حوالى 20% بروتين خام.

4 - مخلفات مياه النقع، وهى تحتوى على 50% مواد صلبة و 15-20% بروتين مما يجعلها ذات قيمة فى صناعة الأعلاف حيث يمكن استخدامها كبديل للمولاس والفيناس (سائل متبقى من عمليات تخمر المولاس لإنتاج الكحول والخليك)، خاصة أن لزوجة مياه النقع متقاربة مع لزوجة المولاس.

الاستفادة من هذه المخلفات

1 - إدخالها فى صناعة الأعلاف للدواجن والماشية لرفع القيمة الغذائية نظراً لاحتوائه على نسبة عالية من البروتين والألياف.

2 - استخدامها كبديل للمولاس فى الصناعات الميكروبية التخمرية مثل إنتاج الكحول الإيثيلى والخل والاسيتون والستريك والإنزيمات.

3 - استخدامها فى صناعة السيلاج كبديل للمولاس (أرخص ثمناً).

4 - استخدامها - كمحسن طبعى - يضاف إلى قش الأرز لرفع قيمته الغذائية كعلف أو سماد عضوى.

3-6- تدوير مخلفات الأغذية المعلبة والمجففة

وتشمل مخلفات مصانع العصائر والمربات والشيسى والخضروات المحفوظة، وتدخل فى عملية تصنيعها أغلب أنواع الفواكه مثل المانجو والموالح والمشمش والجوافة والتفاح والعب والخضر مثل الفاصوليا والباميا والبسلة والجزر والبطاطس والفراولة والبصل والطماطم وغيرها.

والجدول التالى (29) يوضح كمية المتخلف بمصنع إدفينا للأغذية المحفوظة بجمهورية مصر العربية.

- وجدير بالذكر أن مخلفات التصنيع تختلف عن مخلفات الخضر والفاكهة الطازجة كالعروش والثمار غير المرغوب فيها، وهذه تدخل ضمن مخلفات الأسواق والمطابخ وسبق الحديث عن تدويرها.
- يتخلف أثناء عمليات التصنيع سواء العصائر أو الحفظ الطازج أو الحفظ بالتجفيف الكثير من المخلفات من بذور وقشور ولب ومخلفات عصر وتتميز بارتفاع مستواها من الكربوهيدرات، وتعتبر مصدراً جيداً للطاقة مثل مخلفات البطاطس والبصل والعنب، وأيضاً ارتفاع محتواها من البروتين الخام مثل مخلفات البسلة والفاصوليا والخرشوف والطماطم.

إمكانيات إعادة التدوير

- 1 - يمكن استخدامها مباشرة كعلف للحيوانات.
 - 2 - الاستفادة بتخميرها لإنتاج البروتين الحيوى (الميكروبي) أو إنتاج كثير من الأحماض والكحولات العضوية.
 - 3 - الاستفادة بتخميرها لإنتاج الغاز الحيوى (Biogas).
 - 4 - كمرها مع بقايا بعض المحاصيل الفقيرة فى المحتوى البروتينى والمعادن الغذائية مثل قش الأرز أو حطب القطن أو مصاصة القصب لزيادة قيمتها الغذائية كسماد عضوى صناعى Compost.
 - 5 - الاستفادة من قشور كثير من الفواكه كالتفاح والكمثرى والموالح لاستخراج البكتين، ومخلفات البصل المجفف أيضاً.
 - 6 - استخدامها فى بيئات مخلوطة لتنمية وإنتاج عيش الغراب.
- وبالتأكيد فإن المردود الاقتصادى لإعادة استخدام مثل هذه المخلفات يحسب حسابه الآن جيداً فى دراسات الجدوى عند إنشاء مثل هذه المصانع.

جدول (29): المعدل السنوي لمخلفات تصنيع الخضروات والفاكهة بمصانع شركة إدفينا للأغذية المعلبة (عام 1995)

نوع الخامة	الوارد بالطن	قيمة المواد الصلبة الرطبة المتخلفة بالطن	كمية المواد الصلبة المتخلفة بالطن
العصائري:			
1 - مانجو	2606.3	1042.5	260.6
2 - جوافة	268.3	57.25	14.32
3 - جريب فروت		15.38	3.09
المربيات:			
	22.5		
1 - تفاح	125.8	12.85	3.14
2 - خوخ	126.9	31.72	7.93
3 - مشمش	274.2	82.3	20.65
4 - تين	75.7	2.27	0.56
5 - بلع مهروس	87.68	13.68	3.46
6 - بلع مفصص	32.5	11.43	2.83
7 - برقوق	21.48	6.44	1.61
8 - فراولة	99.7	9.96	2.49
9 - نارنج	85.1	4.45	1.11
10 - جزر	358.6	35.96	8.97
الخضروات المحفوظة:			
صلصة طماطم	8439.9	1097.2	274.3
فاصوليا خضراء	6.48	1.10	0.28
قلقاس	39.5	13.05	3.26
بسلة	1165.5	728.4	182.10
سيانخ	62.9	36.5	9.1
بطاطس	30.8	16.9	4.2

* المرجع: أرناؤوط، 2003.

الباب السابع

الزراعة بدون تربة

SOIL LESS CULTIVATION

تعريفها

"هى إنتاج النباتات بغير ذراعتها فى التربة بأنواعها المختلفة".

ويدخل ضمن هذا التعريف الزراعة المائية Hydroponics أي تنمية الجذور فى محلول غذائى تختص منه ما يحتاجه النبات من ماء وأملاح غذائية تحتوى كافة العناصر الكبرى والصغرى اللازمة للنبات، ويتم فيها تثبيت الجذور وتدعيم المجموع الخضرى بطرق خاصة.

وهناك أيضا المزارع الهوائية Aeroponics حيث تبقى الجذور عالقة فى الهواء فى حيز مغلق ذي درجة رطوبة عالية وعادة ما تتم الزراعة بدون تربة داخل الصوب (البيوت) الزجاجية.

1-7 المزارع المائية

نبذة تاريخية

عرفت المزارع المائية منذ ما قبل الميلاد حيث كانت نباتات الزينة توضع فى فازات أو أحواض مائية، إلا أنها لم تتطور وتستخدم بغرض إنتاج الغذاء على نطاق واسع إلا منذ الحرب العالمية الثانية حيث كان ضروريا إنتاج الخضروات الطازجة فى معسكرات الجيوش الموجودة فى مناطق لا تصلح فيها التربة للزراعة، ومنذ ذلك الحين أصبحت علما قائما بذاته ونشر فيه العديد من المراجع والبحوث.

مزايا المزارع المائية

- (1) إمكانية الإنتاج الزراعي فى مناطق تستحيل فيها الزراعة بالطرق التقليدية.
- (2) لا توجد مشاكل تتعلق بطبيعة أو قوام التربة أو عدم تجانسها.
- (3) لا توجد مشاكل حشائش أو عمليات تجهيز التربة للزراعة.
- (4) لا توجد مشاكل الكائنات الدقيقة الممرضة التى تعيش فى التربة.
- (5) لا توجد مشاكل فى إهدار أو فقد الأسمدة المضافة بالتسرب الجوفى.
- (6) توفير مياه الري المهدرة فى الصرف.
- (7) التبريد فى النضج وزيادة الإنتاجية وبالتالي زيادة العائد المادى.

عيوب المزارع المائية

- (1) أى خلل فى النظام يؤدى إلى خسائر كبيرة حيث يتم كل شيء فى موعده دون تأخير
- (2) تغير رقم الحموضة pH فى المزارع المائية بسرعة أكبر من الزراعات الأرضية
- (3) مشاكل تثبيت النباتات وتكاليفها.

أنواع المزارع المائية

تقسم حسب وجود أو عدم وجود مادة صلبة لتوفير دعم للنمو النباتي إلى:

- (1) نظم لا توجد بها مادة صلبة Liquid system؛ ولذا تعلق على دعائم.
- (2) نظم توجد بها مادة صلبة aggregate system لتثبيت الجذور حيث يستعمل أحيانا الرمل والزلط أو البيت أو الصوف الحجري أو القش.

وهناك تقسيم آخر حسب استعمال المحلول المغذى مرة واحدة أو يعاد

استخدامه عدة مرات:

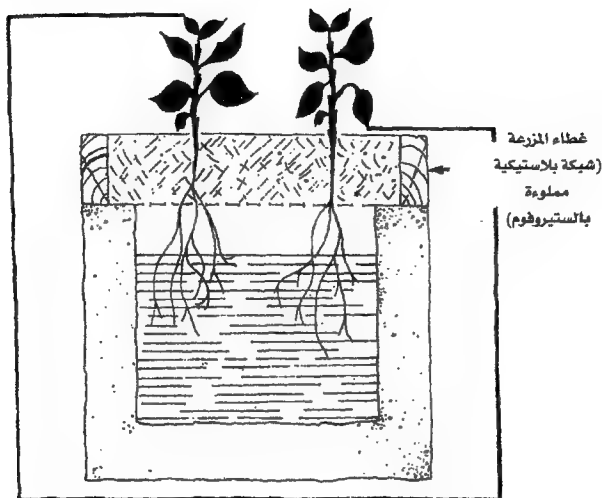
1) النظم المفتوحة Open systems حيث تروى هذه المزارع بماء يحتوى على المحاليل الغذائية القياسية المركزة ولا يلزم لها خزانات كبيرة للمحاليل القياسية.

2) النظم المغلقة Closed systems حيث يستعاد فيها المحلول المغذى المستخدم فى الرى ويعاد استخدامه عدة مرات مع تعديل تركيز العناصر به كلما دعت الضرورة؛ ولذا يطلق عليها recycled nutrition وذلك لخفض كمية الماء والعناصر الغذائية المستخدمة ولكن يلزمها خزانات كبيرة وأيضا فلاتر لتنقية المحاليل المستعادة.

مزارع المحاليل المغذية Nutrient solution cultures

هى محاليل تحتوى على العناصر الغذائية اللازمة للنمو النباتي بدلا من الماء العادى، ولا يوجد محلول مغذ معين يمكن أن يقال إنه الأفضل، فكل محلول يصلح فى ظروف خاصة وتقترب أغلبها من محلول هوجلاند (كما سيرد ذكره). وفى هذه المزارع تبقى الجذور معلقة فى المحلول المغذى داخل وعاء بلاستيك (الأغراض البحثية) أو أحواض أسمنتية مطلية بالبيتومين (الزفت) (الإنتاج التجارى).

ويتكون غطاء الحوض (مهد البذور أو تهيئة الشتلات) من شبكة بلاستيكية وتملأ بالقش او نشارة الخشب وحديثا الستيروفوم Styrofoam، ويتم توفير الاكسجين اللازم لتنفس الجذور بواسطة مضخة صغيرة كما فى أحواض أسماك الزينة (شكل رقم 25).



شكل (25): مقطع عرضي في مزرعة محلول مُعد تجارياً

خصائص الماء المستخدم في تحضير المحاليل الغذائية

- (1) أن يكون قليل الملوحة أي درجة توصيله الكهربائي لا تزيد عن 700 ميكروموز ونسبة كلوريد الصوديوم به لا تزيد عن 50 جزءاً في المليون .
- (2) يمكن استعمال الماء العسر Hard water في تحضير المحاليل وهو الماء الجوفي الذي يمر على طبقات جيرية فيحتوى على تركيزات عالية من كربونات وكبريتات الكالسيوم والمغنسيوم، وكلما زاد عسر الماء يزداد pH (قلوى التأثير) مما يؤدي إلى عدم تيسر بعض الأيونات مثل الحديد، ويمكن معالجة عسر الماء بعملية Ionization حيث يمرر الماء على مرشحات مشبعة بالأيديروجين H^+ الذي يحل محل كاتيونات الكالسيوم

والمغنسيوم والصوديوم ثم يمرر على مرشحات أخرى مشبعة
بالأيدروكسيد OH- الذى يحل محل أنيونات الكربون والكبريتات
والكلوريد ويعرف الماء الناتج باسم Deionized water.

(3) يمكن استخدام ماء الشرب فى الرى حيث يحتوى عادة على 0.1 - 0.6
جزء/ مليون كلور 2 & 1- جزء/ مليون صوديوم ولا يجب أن يزيدا عن
ذلك.

التركيز الكلى للأملاح بالمحلول الغذائى

مصدرا الأملاح بالمحاليل المغذية هما الأسمدة المذابة والأملاح الموجودة
أصلا فى الماء المستعمل، وكلما قلت الأملاح بالماء أمكن زيادة تركيز الأسمدة؛
ولذا يجب ألا يزيد التركيز الكلى للأملاح عن 0.7 ضغط جوى وإذا زاد عن ذلك
يؤدى لنقص النمو النباتى ثم موت النباتات لزيادة الضغط الأسموزى عن الحد
المناسب لامتصاص النبات. ويفضل أن يكون صيفا (0.5) وشتاء (1.0) ضغط جوى
بسبب زيادة التحلل عند ارتفاع درجة الحرارة صيفا.

تركيز العناصر الغذائية المختلفة فى المحلول الغذائى والتوازن الأيونى بينهما

يقصد بالتوازن الأيونى أن مجموع نسب الأنيونات (النترات والفوسفات
والكبريتات) = مجموع نسب الكاتيونات (البوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم) =
100% أما الصوديوم فإنه لا يعد من العناصر الضرورية، وأما باقى العناصر فتوجد
فى المحاليل المغذية بتركيزات منخفضة لا تؤثر على التوازن الأيونى.

العناصر الغذائية Nutrient elements

جميع هذه العناصر ضرورية لنمو النباتات ونقصها يؤثر عليه بنفس القدر
من الأهمية وهى تنقسم من حيث الاحتياج الكمى للنبات إلى عناصر كبرى
وأخرى صغرى:

العناصر الكبرى: الكربون- النتروجين- الفوسفور- البوتاسيوم- الكالسيوم-
المغنسيوم- الكبريت.

العناصر الصغرى: الحديد- الموليبدنم - النحاس- الزنك- المنجنيز - البورون
- الكلوريد .

جدول (30): مصادر وأهمية العناصر الغذائية

العنصر	المصدر	الأهمية
N	<ul style="list-style-type: none"> - المخلفات العضوية - الهواء الجوى - التثبيت البيولوجى (الجزء التكافلى) - الأسمدة المعدنية - التسميد الأخضر 	<ul style="list-style-type: none"> - يدخل فى تركيب الأحماض الأمينية وبالتالي تخليق البروتين - يتحرر بواسطة عملية المعالجة الميكروبية Mineralization - يتأكسد إلى نترات بواسطة بكتيريا النترنة - يختزل إلى نتروجين جزيئى وأكاسيد بواسطة بكتيريا الدنترة - تفسد من التربة إما بالرشح إلى الماء الأرضى أو المصارف مسببا الإضرار الطبيعى أو فى صورة أكاسيد نتروجينية (غاز الاحتباس الحرارى)
P	<ul style="list-style-type: none"> - صخور التربة فى صورة معدنة غذائية - فوسفور معدنى مرتبط فى الدبال أو أحجام الكائنات الدقيقة - الأسمدة المعدنية أو خام صخر الفوسفات (الأباتيت) 	<ul style="list-style-type: none"> - متحرر من المادة العضوية بقتل ميكروبات التربة (المعدنة) Mineralization - الإذابة بواسطة الأحماض الناتجة عن التفاعلات الأيضية الميكروبية - يدخل فى تكوين الأحماض الأمينية والنوية - هام فى عمليات تخزين وفصل الطاقة الحيوية - يمتص بواسطة فطر الميكروهيذا المتكافل مع جذور النباتات

الاعنصر	المصدر	الاهمية
K	- فى صورة معدنية فقط اما ذائبا فى محلول التربة الفلسبار او مثبت على معادن التربة (الكاتولينييت والمسكوفيت) او مستبدلا على غرويات التربة. - المخلفات العضوية وتحرر بالمعدنة الميكروبية	- تكون الاحماض الامينية والبروتينات. - هام فى عملية التمثيل الضوئى (عقب الكلوروفيل). - أساسى فى عملية امتصاص النبات للماء والعناصر الغذائية والتحكم فى عملية الضغط الأسموزى . - يفقد مع مياه الصرف
S	- 50 % من كبريتيد التربة عضوى فى المخلفات النباتية والحيوانية - معادن التربة الحاملة للكبريت مثل الجبس والاسبومنيت والنيتريت - المطر الحامضى	- يتحرر بالاكسدة الميكروبية فى صورة كبريتات - او يخزن لاهوائيا الى كبريتيدات - يفقد مع مياه الصرف مسببا ظاهرة الاغنام البيولوجى مثل P,N
Ca ⁺⁺	- صخور التربة الرسوبية - أملاح ذائبة فى صورة أيونية Ca ⁺⁺ - صورة مدمصة أو متبادلة على معادن الطين أو مرتبط مع الدبال	- تحسن pH التربة - كربونات الكالسيوم تربة حامضية رفع pH - كبريتات الكالسيوم تربة قلوية خفض pH (الجبس الزراعى) - هام فى تركيب نفاذية لحد الخلوية - هام فى انقسام استطالة الخلايا
Mg ⁺⁺	- مدمص أو مثبت على معادن الطين أو مرتبط مع الدبال وأحيانا يثبت من طبقات معادن التربة	- يدخل فى تركيب الكلوروفيل وكمرافق إنزيمى هام - نقصه يسبب أضرار الأوراق والنقص الشديد يسبب إمداد السطح السفلى للأوراق
Fe ⁺⁺	- مركبات سليكاتية مثل الأوليفين والنيتريت - أكاسيد حديد مثل الهيماتيت - كربونات حديد - كلما زادت قلوية التربة كلما قل تسيره للنبات - يكون مركبا مخليا من المادة العضوية	- يدخل فى تركيب العديد من المرافقات الإنزيمية النباتية

العنصر	المصدر	الأهمية
Zn^{++}	<ul style="list-style-type: none"> - سليكات وكربونات وإيدروكسيدات الزنك - إضافة المخلفات العضوية تزيد من تيسير الزنك والحديد بتكوين مركبات مخيلية 	<ul style="list-style-type: none"> - تركيب الحديد من الإنزيمات وإنتاج المواد النشطة
Cu^{++}	<ul style="list-style-type: none"> - كربونات وسليكات النحاس - أكاسيد النحاس - يرتبط مع المادة العضوية (مركب مخيلي) - زيادة تركيز الحديد أو الزنك أو الفوسفات يؤدي إلى نقص الامتصاص - سماد حماية المجارى 	
البورون B	<ul style="list-style-type: none"> - معدن التورمالين (سليكات البورون) - يرتبط على سماد الطين وأكاسيد الحديد والمادة العضوية 	
المولبدنم Mo	<ul style="list-style-type: none"> - أكاسيد المولبدنم وموليبيدات الكالسيوم والرصاص - مدمص على سماد الطين ومرتبطة بالمادة العضوية - التربة الحامضية والحيوية يؤدي لنقصه 	<ul style="list-style-type: none"> - يسبب عدم التوازن من الرصاص والمولبدنم إلى مرض Molybdenosis
الكلوريد Cl^{-}		<ul style="list-style-type: none"> - يحسن من صفات النباتات المتحملة للملوحة - له دور في مقاومة بعض الأمراض - زيادة الضغط الاسموزي مما يخفف امتصاص النبات للماء

أضرار نقص أو زيادة تركيز العناصر في المحاليل المغذية

- 1- تظهر أعراض العناصر الصغرى بصورة أكثر وضوحاً في الزراعة المائية عن الزراعات الحقلية نظراً لأن التربة نادراً ما تخلو منها.
- 2- نقص عنصر البورون يؤدي إلى تشققات دائرية سطحية في جلد الطماطم كما تظهر تشققات طويلة في ثمار الفلفل.
- 3- نقص النحاس يؤدي إلى تفلق ثمار الطماطم الناضجة في الجو الحار.
- 4- احتمالات ظهور حالات تسمم للنبات بسبب خطأ العامل الإنساني أثناء تحضير المحاليل المغذية أو تعديل تركيز العناصر لعدة أسابيع.
- 5- يمكن أن تتحمل النباتات الزيادة في تركيز عنصر ما عندما يكون باقى العناصر متوفراً بالتركيزات المناسبة وبدرجة أكبر مما لو كان هناك نقص فى بعض العناصر مثال ذلك: تتحمل الطماطم زيادة عنصر النحاس حتى تركيز 1 جزء/ مليون، بينما تظهر أعراض التسمم عند تركيز 2 و0 جزء/ مليون لو كان هناك نقص فى العناصر الأخرى.
- 6- أعراض التسمم النباتى الناشئة عن زيادة تركيز العناصر:
 - * زيادة عنصر التروجين فى المراحل الأولى حتى ما قبل العقد فى الطماطم يؤدي إلى موت القمة النامية وقصر السيقان.
 - * زيادة عنصر الفوسفور يؤدي إلى ترسيب الحديد وظهور أعراض نقصه.
 - * زيادة الكالسيوم يؤدي إلى ظهور أعراض نقص البوتاسيوم والعكس صحيح.
 - * زيادة عنصر الحديد تؤدي إلى الإضرار بالجذور وتقليل امتصاص المنجنيز.
 - * زيادة تركيز البورون عن 20 جزء/ مليون يؤدي لأعراض تسمم (تبرقش).

* زيادة تركيز النحاس عن 1 جزء/ مليون يؤدي لأعراض تسمم (اصفرار بين العروق).

درجة حموضة pH المحلول المغذى

* pH المناسب يتراوح بين 6-6.5 ويتأثر بدرجة كبيرة بالتوازن الأيوني بين الترات والأمونيوم.

* يؤثر pH المحلول على امتصاص العناصر الدقيقة حيث يؤدي انخفاض pH عن 5 إلى زيادة امتصاص بعض العناصر إلى درجة السمية كما يؤدي ارتفاع pH عن 7.5 إلى ترسيب الفوسفور - الكالسيوم - المغنسيوم - الحديد - المنجنيز.

* يعدل pH المحلول المغذى إما بحمض الكبريتيك أو أيدروكسيد الصوديوم.

طرق التعبير عن تركيز العناصر في المحاليل المغذية

- * بالجزء في المليون ppm بإذابة 1 جم من المادة في 1000 لتر ماء.
- * بالملي مولر mM بإذابة الوزن الجزيئي بالجرام للمادة في 1000 لتر ماء.
- * بالملي مكافئ في اللتر me/l أى الوزن الجزيئى بالجرام مقسوما على الشحنة.

الوزن الجزيئى = الوزن الجزيئى أو المول / الشحنة.

* الضغط الأسموزى ويعبر عنه بوحدات الضغط الجوى.

أمثلة المحاليل المغذية المستعملة تجاريا

1) محاليل هوجلاند Hogland المغذية

يحضر محلول هوجلاند من اثنين من المحاليل القياسية standard stock solutions يكون التزوجين فى أحدهما نتراتيا فقط ، وفى الثانى بصورتيه التراتية والامونيومية ، وتوضح الجداول التالية (31 ، 32) كيفية تحضير محلول هوجلاند من هذه المحاليل القياسية (عن Lorenz & Maynard, 1980).

جدول (31): طريقة تحضير المحاصيل القياسية اللازمة لعمل محلولي هوجلاند (أ)، (ب).

رقم المحلول القياسي	المركب وتركيبه الكيميائي	الكمية اللازمة من المركب بالجرام لتحضير لتر من المحلول القياسي
١	نترات الكالسيوم $\text{Ca} (\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2 \text{O}$	٢٣٦,٢
٢	نترات البوتاسيوم K NO_3	١٠١,١
٣	فوسفات أحادي البوتاسيوم $\text{KH}_2 \text{PO}_4$	١٣٦,١
٤	كبريتات المغنسيوم $\text{Mg SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}$	٢٤٦,٥
٥	نترات الكالسيوم $\text{Ca} (\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2 \text{O}$	٢٣٦,٢
٦	فوسفات أحادي الأمونيوم $\text{NH}_4 \text{H}_2 \text{PO}_4$	١١٥,٠
٧	كبريتات المغنسيوم $\text{Mg SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}$	٢٤٦,٥
٨	حامض البوريك $\text{H}_3 \text{BO}_3$	٢,٨٦
	كلوريد المنجنيز $\text{Mn Cl}_2 \cdot 4 \text{H}_2 \text{O}$	١,٨١
	كبريتات الزنك $\text{Zn SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}$	٠,٢٢
	كبريتات النحاس $\text{Cu SO}_4 \cdot 5 \text{H}_2 \text{O}$	٠,٠٨
	حامض الموليبداتيك $\text{H}_2 \text{Mo O}_4 \cdot \text{H}_2 \text{O}$	٠,٠٢
٩	حديد غلي	ما يكفي من المادة لأن يكون تركيز الحديد في المحلول القياسي ٠,١٪ (١)

(١) مثال : إذا استخدم التحضير التجاري Seque Strene 330 كمصدر للحديد ، فإنه يلزم منه ١٠ جم تداب في الماء لعمل لتر من محلول الحديد القياسي ، نظراً لاحتواء هذا المركب على الحديد بنسب ١٠٪ .

جدول (32): طريقة تحضير هوجلاند أ، ب من المحاليل القياسية المبينة

محلول هوجلاند (١)	(انظر جدول ٢٣ - ٩) المحلول القياسي	الكمية اللازمة بالمليمتر (مل) لتحضير لتر من المحلول القياسي
أ	١	٥
	٢	٥
	٣	١
	٤	٢
	٨	١
	٩	١
ب	٥	٤
	٢	٦
	٦	١
	٧	٢
	٨	١
	٩	١

(١) لتحضير أي من المحلولين (أ) أو (ب) تصاف الكميات المبينة من المحاليل القياسية المضافة إلى ٨٠٠ مل ماء مقطر ، ثم يكمل الحجم النهائي إلى لتر .

2) محلول هيويت Hewitt المغذى.

ويحضّر من الماء المقطر والاملاح النقية كما يتضح من جدول (33) ويستخدم غالباً في دراسات الفسيولوجي (عن Devlin, 1975).

جدول (33): الأملاح المستخدمة في تحضير محلول هيويت Hewitt المغذى وتركيزاتها به

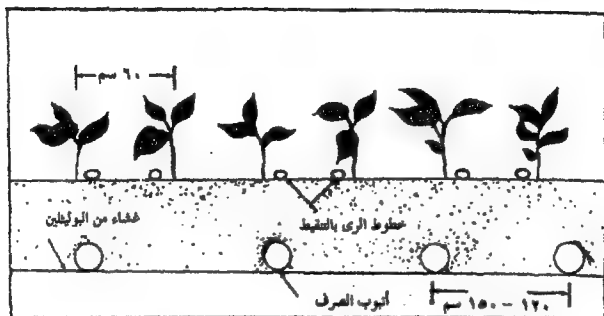
التركيز			
الملح	جم / لتر	جزء في المليون	مللي مول / لتر
نترات البوتاسيوم KNO_3	٠,٥٠٥٠٠٠	البوتاسيوم = ١٩٥	٥,٠
نترات الكالسيوم $Ca (NO_3)_2$	٠,٨٢٠٠٠٠	النيتروجين = ٧٠	٥,٠
فوسفات الصوديوم $Na H_2 PO_4 \cdot 2H_2O$	٠,٢٠٨٠٠٠	الكالسيوم = ٢٠٠	١,٣٣
كبريتات المغنسيوم $Mg SO_4 \cdot 7H_2 O$	٠,٣٦٩٠٠٠	النيتروجين = ١٤٠	٣,٠٠
سترات الحديد $Fe SO_4$	٠,٠٢٤٥٠٠	الفوسفور = ٤١	٠,١
كبريتات المنجنيز $Mn SO_4$	٠,٠٠٢٢٣٠	المغنسيوم = ٢٤	٠,٠١
كبريتات النحاس $Cu SO_4 \cdot 5H_2O$	٠,٠٠٠٢٤٠	الحديد = ٥,٦	٠,٠٠١
كبريتات الزنك $Zn SO_4 \cdot 7H_2O$	٠,٠٠٠٢٩٦	المنجنيز = ٠,٥٥	٠,٠٠١
حامض البوريك $H_3 BO_3$	٠,٠٠١٨٦٠	النحاس = ٠,٠٦٤	٠,٠٠١
مولبيدات الألومنيوم $(NH_4)_6 MO_7 O_{24} \cdot 4H_2O$	٠,٠٠٠٠٣٥	الزنك = ٠,٠٦٥	٠,٠٠٠١
كبريتات الكوبالت $Co SO_4 \cdot 7H_2O$	٠,٠٠٠٠٢٨	البورون = ٠,٠٣٧	٠,٠٠٠٢
كلوريد الصوديوم $Na Cl$	٠,٠٠٥٨٥٠	الموليبدنم = ٠,٠١٩	٠,٠٠٠١
		الكوبالت = ٠,٠٠٦	٠,٠٠٠١
		الكلور = ٣,٥٥	٠,٠١

2-7 المزارع الرملية Sand cultures

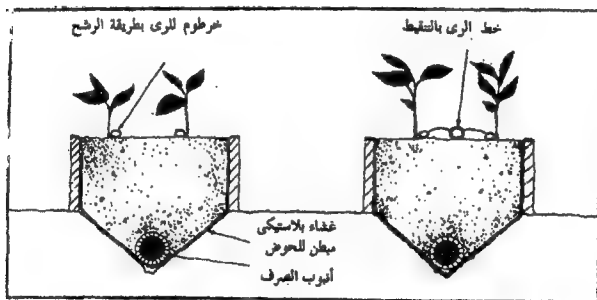
وهي من النظم المفتوحة التي لا تستعمل فيها المحاليل المغذية سوى مرة واحدة، وتنمو النباتات في الرمل الخالص وتسقى بماء يحقن باستمرار بالمحاليل المغذية القياسية Fertigation system والري فيها عادة بطريقة التنقيط وتتميز المزارع الرملية بالنفاذية والتهوية الجيدة (شكلي رقم 26/27).

أنواع المزارع الرملية.

- 1) على رمال الشاطئ كما في جزيرة السعديات في أبوظبي.
- 2) الزراعة على أسطح المنازل بعد فرشها بالبلاستيك مع مراعاة وجود ميل للمساعدة في تحسين الصرف وغسل المزرعة.
- 3) الزراعة في أحواض خاصة على مناضد وتبطن الأحواض بالبوليثلين الأسود.



شكل (26): مزرعة رملية مقامة على أرض البيوت المحمية بعد فرشها بالبلاستيك، ثم بالرمل الذي يستخدم كبيئة للزراعة



شكل (27): مزرعة رملية في أحواض خاصة على شكل حرف V، ومقامة على سطح الأرض مباشرة

تعقيم المزارع الرملية:

يتم التعقيم بين الزراعات المتتالية بواسطة بروميد الميثايل والفايام ولكنها غير كافية للتخلص من الفيروسات

3-7 مزارع الحصى Gravel cultures

وهي من النظم المغلقة التي تستعاد فيها المحاليل المغذية ويكرر استعمالها، وأفضل أنواع الحصى هو الجرانيت المجروش (صلب لا يتفتت مع الاستعمال). وطريقة الري المتبعة إما التنقيط أو الري تحت السطحي وهي الأكثر شيوعاً، حيث يضخ المحلول المغذي من أسفل حتى يصل مستواه إلى 2.5 سم من سطح المزرعة ثم يسمح له بالصرف إلى خزان المحلول ليعاد ضخه من جديد بعد فترة وهكذا لمدة 2 - 6 أسابيع ويتم التخلص منه ويحضر محلول جديد

* تتأثر الفترة بين الريات بعدد من العوامل هي:

- 1- حجم الحبيبات
- 2- سطح الحبيبات
- 3- النبات المزروع
- 4- كثافة النمو النباتي
- 5- العوامل الجوية
- 6- الوقت من اليوم

فالنباتات الطويلة (التي تنمو رأسياً كالطماطم والخيار) تحتاج الري على فترات متقاربة عن النباتات القصيرة (كالخس) لزيادة المسطح الورقي فيها، كما أن الحبيبات الصغيرة تحتاج إلى ريّات أكثر تباعداً عن الحبيبات الكبيرة نظراً لكبر مسطحها النوعي وازدياد قدرتها على مسك الماء كما تتقارب الريّات في الجو الحار وفي وسط النهار حيث ترتفع الحرارة وتزداد شدة الإضاءة.

* هذا وتتراوح مرات الري لمعظم مزارع الحصى من 3 إلى 4 مرات يومياً خلال فصل الشتاء، بينما تصل إلى كل ساعة تقريباً في نهار الصيف الحار، ويكفي عادة مدة 20-30 دقيقة لضخ المحلول المغذي وصرف الزائد منه، حيث يساعد ذلك على تحقيق التهوية اللازمة لتنفس الجذور نظراً لطرد الهواء المشبع (ب) ك (21) ليحل محله هواء جديد به نسبة أكسجين أعلى.

* وتعقم مزارع الحصى بين الزراعات المتتالية بمحلول مركز نسيجا من هيبوكلوريت الصوديوم

ومع تراكم الجذور سنة بعد أخرى يلزم عندئذ التعقيم ببروميد الميثايل أو الفابام.

عيوب مزارع الحصى:

- ارتفاع تكاليف الإنشاء.
- تراكم الجذور فى الحصى مع تكرار الزراعة سنه بعد أخرى.
- احتمالات الانتشار السريع لبعض الآفات التى تصيب النباتات عن طريق الجذور مثل فطريات الذبول الفيورازمى.

4-7 مزارع بالات القش Straw Bale Cultures

- تعتبر من النظم المفتوحة التى لا يعاد فيها استخدام المحاليل المغذية.
- من أهم عيوبها أن القش سريع التحلل فلا يستعمل إلا لموسم زراعى واحد، ولكن هذا التحلل يساعد على رفع درجة حرارة الجذور وزيادة نسبة (ك 2) فى الصوبة.
- تحتاج إلى كمية مياه رى غزيرة لتشبع البالات بالماء (60 لترا يوميا / بالة / 4 أيام)
- لا يحتاج هذا النظام إلى تعقيم الصوبة ككل حيث إن القش يسهل تعقيمه منفردا.
- الرى بالرش مع إضافة الأسمدة الصلبة على سطح البالات لتذوب تدريجيا فى ماء الرى.

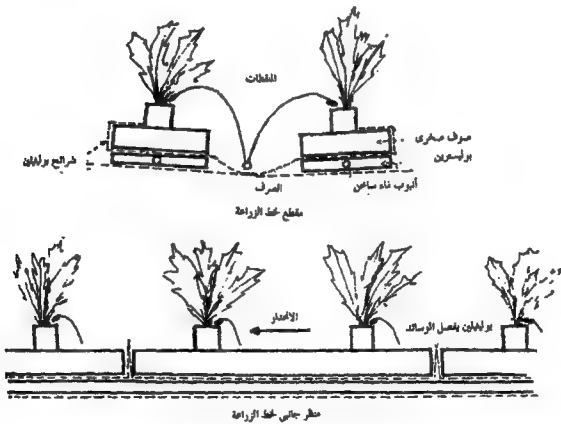
5-7 مزارع الصوف الحجرى Rockwool cultures (يشبه اللباد)

- من النظم المفتوحة التى لا يعاد فيها استخدام المحاليل المغذية.

- يروى بماء محتوى على العناصر الذائبة Fertigation ويكون الرى بالتنقيط .

- يصنع الصوف الحصى بتسخين الحجر الجيرى مع صخر البازلت إلى درجة 1600 م حيث ينصهرا ثم يبردا فجائيا فتكون الألياف لا تتحلل بيولوجيا ولا تحتوى على مواد ذائبة، كما أنه لا يدمص العناصر الذائبة ويتراوح pH من 7 - 8.5 .

- ويتوفر الصوف الحصى على شكل حبيبات أو مكعبات أو وسائل ويغلف بالبلاستيك لمنع تسرب المحلول المغذى وتشقق فتحات فى الغلاف بين النباتات وأيضا فى نهايتي كل وسادة لتحسين الصرف ومن الضروري سحب عينات من المحلول المغذى من داخل الوسائد لاختبار تركيز العناصر الغذائية وكذا التغير فى الـ pH، ويجرى تعقيم الوسائد باستعمال بروميد الميثايل أو البخار لمدة 30 ق (شكل رقم 28) .



شكل (28): تصميم مزرعة الصوف الصخري

6-7 مزارع مخاليط البيت Peat cultures

- حيث يستخدم مخلوط البيت موس والبوليسترين ونشارة الخشب ويعتبر من النظم المفتوحة التي لا تستخدم فيها المحاليل المغذية سوى مرة واحدة.

- يروى بالتنقيط مع حقن المحاليل المغذية ويصل pH إلى 6-6.5 ويمكن تعديله بإضافة مسحوق الحجر الجيري أو الكبريت الزراعي.

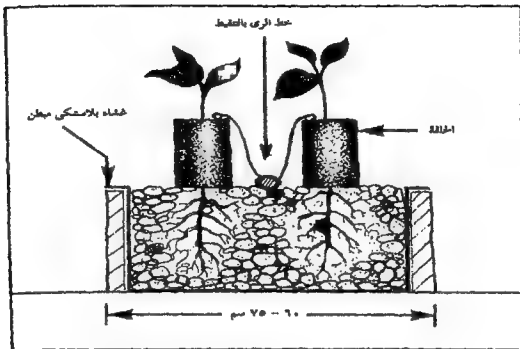
7-7 مزارع الأغوار Trough cultures

هي زراعات تتم في أحواض منخفضة طويلة وضيقة بعد ملئها بمخلوط زراعة مناسب أساسه البيت موس وتدعم جوانب الحوض بعوارض خشبية أو أسمتية وأحيانا من الفايبرجلاس وتبطن من الداخل بالبوليثيلين الأسود وتبلغ مقاييس الحوض 15 سم عمق - 75 سم عرضاً، 40-60 م طولاً.

- يتم الصرف بعمل ثقب في جوانب الحوض من أسفل أو بوضع أنبوب بالقاع ويلزم أن تكون الأغوار منحدره قليلاً لتحسين الصرف.

8-7 مزارع الحلقات Ring cultures

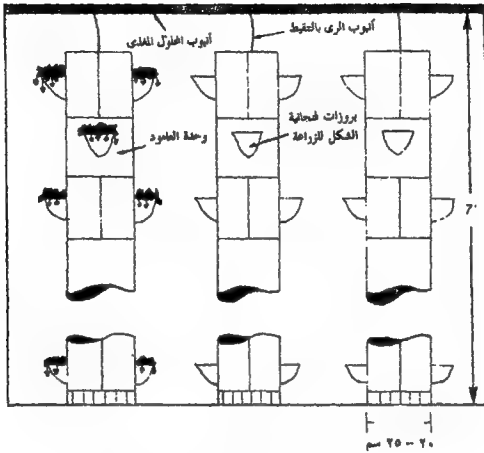
تشبه مزارع الأغوار ما عدا وجود أسطوانات مفتوحة الطرفين من البلاستيك أو الورق المقوى بقطر 20-25 سم تفرز في سطح مخلوط الزراعة، وتزرع النباتات في هذه الحلقات التي تشجع زيادة المجموع الجذري وتروى الحلقات بطريقة التنقيط (شكل رقم 29).



شكل (29) مقطع عرضي في مزرعة حلقات ring Culture

9-7 مزارع الأعمدة Column cultures

تنمو النباتات في أعمدة رأسية وتستخدم أنابيب من الأسبستوس لهذا الغرض، ويكل منها عدد من البرورات كالشرفات تزرع فيها النباتات وتغمل الأنابيب بخلطة أساسها البيت موس وتسقى بمحلول مغذ بطريقة التنقيط من أعلى العمود (الأنبوبة) وتتميز هذه الطريقة بجودة الصرف للزائد من المحلول المغذي أسفل العمود ويصلح لزراعة الطماطم (شكل رقم 30).

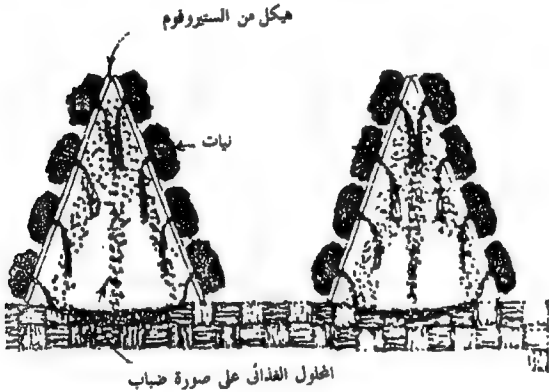


شكل (30) : مزعة اعمدة Column Culture

10-7 مزارع الأجولة المدلاة Sac cultures

وهى طريقة محورة عن مزارع الأعمدة ولكنها أكثر بساطة حيث تستخدم أجولة من البوليثلين بدلا من الأنابيب ويقطر 15 سم وطول 2 م ويملا بمخلوط البيت موس، ويربط طرفها السفلى، وتثبت من طرفها العلوى فى سقف المكان، وبالتالي تتدلى لأسفل وتزرع النباتات من خلال ثقبين بقطر 3-5 سم على محيط الأجولة وتروى بطريقة التنقيط ولا يعاد استخدام المحلول الزائد وتغسل الأجولة مرة كل شهر لعدم تراكم الأملاح، ويستخدم فى زراعة الحنس والطماطم ويفيد فى خفض استهلاك الماء إلى 80% تقريبا والمحافظة على الثمار من التلوث بالتربة.

تظل جذور النباتات معلقة في حيز مغلق مع تعريضها بصورة منتظمة للمحلول المغذى في صورة ضباب، وبذلك تحصل النباتات على حاجتها من الماء والغذاء والأكسجين اللازم لتنفس الجذور، ويتميز هذا النظام بأكبر استفادة ممكنة من مساحة الصوبة حيث تثبت النباتات على جانبي هيكل مثقب على شكل حرف A وقد استخدمت هذه المزارع في إنتاج الخس (شكل رقم 31).



شكل (31) : تصميم المزارع الهوائية. تزرع النباتات على جانبي هيكل بشكل حرف A، وتروى بضيق المحلول المغذى على جانبيها في شكل ضباب

الباب الثامن

الإدارة المثلى للمياه والطاقة والتربة

1-8 مشكلات المياه - نظرة عامة

كان - ولا يزال - التوزيع الجغرافي لسكان العالم وكثافته مرتبطا بمصادر الماء تبعا لوفrته أو شحه ومع التغيرات المناخية المعاصرة والتي ترتب عليها نوبات جفاف فى بعض مناطق العالم واحتمالات تكرارها، احتل التوازن بين توزيع موارد المياه وتوزيع السكان فى العالم وهو ما كان يصحح قديما تلقائيا بالانتقال من مناطق الجفاف إلى مناطق الوفرة المائية، ولكن حديثا شكلت الحدود السياسية عائقا أمام الهجرة البشرية وراء الماء، وبالتالي اختلفت حظوظ الدول من الموارد المائية طبقا لمواقعها وما تحتويه من أنهار وبحيرات عذبة، بل أحيانا تتوزع أراضي الحوض المائي الواحد على أكثر من دولة فمثلا حوض النيل تقسمه 9 دول أفريقية.

ومن الناحية الاجتماعية أدت الزيادة السكانية عالميا - وخاصة فى الدول النامية فى آسيا وأفريقيا وأمريكا اللاتينية - إلى ظهور نقص مياه وتناقص نصيب الفرد عن حد الفقر المائي (1000 م³/ سنة) ويتتظر استمرار تفاقم مشكلات المياه فى القرن الحادى والعشرين فى الدول محدودة الموارد مما سيؤدى إلى صراعات وحروب أهلية.

أما النواحي الاقتصادية فإنها ترتبط أيضا بالزيادة السكانية حيث يتزايد استخدام المياه فى الأغراض المنزلية والصناعة وتوليد الكهرباء وذلك على حساب

الزراعة، ففي بداية القرن العشرين كانت الزراعة تستهلك 90 % من المياه العذبة وتراجع ذلك في 1997 إلى 71% بينما ارتفع نصيب الصناعة من 6% أول القرن إلى 20% في 1997؛ ولذا فإن ترشيد استخدام المياه وعدم الإسراف فيها أصبح مطلباً استراتيجياً عالمياً، بل إن المياه في سبيلها إلى منافسة النفط كسلعة اقتصادية تباع وتشتري، وبالفعل فإن هونج كونج تشتري المياه من الفلبين، وسنغافورة تشتريها من ماليزيا

ويؤدي ارتفاع معدلات الزيادة السكانية في الشرق الأوسط (3% سنوياً) إلى تناقص نصيب الفرد من المياه عاماً بعد عام، وتزداد المعاناة في الدول العربية خاصة حيث تسيطر دول غير عربية على منابع أنهارها الرئيسة: تركيا في الشمال (دجلة والفرات) وأثيوبيا في الجنوب (النيل) وإسرائيل (نهر الأردن) بالإضافة إلى شبه الجزيرة العربية والصحراء الكبرى التي يسودها الجفاف ولا يوجد بها أنهار دائمة الجريان، وتعتمد بصفة رئيسة على المياه الجوفية وإجمالاً تتزايد مشكلات المياه مع تباعد الفجوة بين المتاح والمطلوب وعدم الاتفاق على توزيع حصص المياه بين دول الأحواض المشتركة مما جعل قضية الأمن المائي ذات أولوية لا تقل عن الأمن السياسي أو الأمن العسكري (أبو العلا - 2007).

وفي دراسة للمجالس القومية المتخصصة بمصر (شعبة الزراعة والري) عام 1990 قدرت موارد مصر المائية سنة 2000 كالآتي:

55.5	مليار م ³	حصصة مصر من مياه النيل طبقاً لاتفاقية 1959
20.0	' '	حصصة مصر من مشروع قناة جونقلي (مرحلة أولى)
6.5	' '	مياه صرف زراعي
1.0	' '	مياه صرف صحي
4.0	' '	مياه جوفية

69.0 مليار م³ جملة الوارد

ويقابل ذلك . . المطالب المائية الناجمة عن الزيادة السكانية والتوسع الزراعى والصناعى والعمرانى كالتالى:

52.0	مليارم3	للأراضى القديمة والمستصلحة
4.5	° °	لمياه الشرب
2.4	° °	لمياه المصانع
0.5	° °	لفاقد تبريد المحطات الحرارية
2.0	° °	للملاحة

68.4 مليار م3 جملة المنصرف

ويتضح من ذلك أن مصر تستخدم كل مواردها المائية وأنها ستواجه عجزا محققا فى المياه العذبة فى المستقبل القريب حيث تقدر احتياجات مصر المائية سنة 2010 بنحو 70.7 مليار م³ (تقرير البنك الدولى . أبو العلا 2007) ومن هنا تبرز أهمية الاتفاق مع دول حوض النيل لإنجاز المشروعات المشتركة لتقليل فواقد المياه فى أعالى النيل وزيادة إيراد النهر مثل قناة جونقلي .

أما فى شبه الجزيرة العربية التى يسودها الجفاف ماعدا أمطار موسمية صيفية على جنوبها الغربى فى اليمن وعسير والطائف وأيضا ظفار تكفى للزراعة أو على الأقل نمو المراعى وبعض الأمطار الشتوية على جبال عمان، وقد تسقط أمطار - خاصة فى الخريف والربيع- بفعل التسخين المحلى وتكون زوايح رعدية مطيرة، وربما يسقط فى بضع ساعات أمطار تعادل ما يسقط فى عدة سنوات ويتبعها جريان سيول فجائية ولكن يضيع الجزء الأكبر منها بالبخر أو التسرب إلى باطن الأرض .

وتفتقر شبه الجزيرة إلى المجارى المائية دائمة الجريان كالأنهار ولكن توجد نهيرات صغيرة قصيرة شديدة الانحدار كما فى أودية تهامة بالسعودية ومأرب باليمن، وتقوم الزراعة فى هذه الأودية على الرى السطحي حيث تحجز مياه

الفيضانات بسدود صغيرة، ويصل ما يروى في اليمن إلى 120 ألف هكتار من مياه السيول المخزنة. وهناك أيضا المجارى المائية التى تتزود بالمياه من العيون وتعرف بالغيول وتروى 73 ألف هكتار أخرى.

ويعتقد أنه بالإمكان زيادة الاعتماد على الرى السطحي فى الأودية التهامية السعودية وتنميتها حيث المستخدم حاليا نحو 200 مليون م³ فقط من مجموع مياه الأمطار المتجمعة المقدّر بحوالى 1610 مليون م³ سنويا وذلك بنسبة 12% فقط (الخطيب 1980 والأشعب 1982) وهذه المياه المستجدة كل عام جديرة بالاهتمام لتلبية حاجات السكان والزراعة، ومع ذلك لم ينفذ سوى مشروعى سد وادى جيزان سنة 1971 بطاقة قصوى 71 مليون م³ / سنة وأيضا سد وادى أبها سنة 1974 لتوفير مياه الشرب لمدينة أبها.

وقد زاد الاهتمام فى المملكة السعودية بإدخال التقنيات الحديثة فى مجالات الرى كالرش المحورى نظرا لطبيعة قوام التربة الخفيف ونفاذيتها العالية وميل سطح الأرض، وقد بلغ عدد أجهزة الرش المحورى نحو 22 ألف جهاز سنة 1990 تستخدم فى ري محاصيل الحبوب كالقمح والشعير ومحاصيل الأعلاف والخضروات، وأيضا استخدمت طرق الرى بالتنقيط لرى أشجار الفاكهة. وهناك مشاريع للرى باستخدام القنوات المفتوحة مثل مشروع الخرج ومشروع الأفلاج مما ساعد على سد الاحتياجات الغذائية بالمملكة فى العديد من المنتجات الغذائية مثل القمح والتمر والأعلاف والدواجن والبيض والألبان.

وما زال الاعتماد على المياه الجوفية يسود بصورة أساسية فى أرجاء شبه الجزيرة ويوجد كثير من العيون الشهيرة التى تغذيها الأمطار، مثل عيون الهفوف ووادي فاطمة ووادي الليث، ومع نمو السكان وتزايد العمران زاد السحب منها وانخفض مستوى الماء الجوفى واستنزفت الآبار سريعا.

وقد أمكن باستخدام طرق الحفر الحديثة حفر آبار أرتوازية وصلت أعماقها إلى 1000-2400 متر وأمكن الوصول إلى المياه الجوفية العميقة التى ترجع مصادرها إلى مياه الأمطار فى العصر المطير فى الزمن الرابع أى أنها مياه حفرية

قديمة قابلة للنفاذ والتخزين خلال الصخور في أحواض واسعة تشكل 80-90 % من مخزون المياه الجوفى فى المملكة كما فى تكوين "الساق" وتكوين "تبوك" وتكوين "المنجور" بالقرب من الرياض، وتقدر كمية المياه المخزونة به نحو 600 ألف مليون م³ وهى تمثل المصدر الرئيس للمياه المعدنية للرياض وهناك تكوين الخبر وتكوين العلا فى شرق المملكة والذي يعتبر الخزان الرئيس للمياه الجوفية فى الكويت والبحرين وقطر (لمى صادق 1989).

ولمواكبة خطط التنمية الطموحة فى دول الخليج فقد تم الاعتماد على تحلية مياه البحر وقد تكفل ظهور النفط بالتكلفة المرتفعة لهذه المشروعات وتبلغ الطاقة الإنتاجية لمحطات تحلية مياه البحر بنحو 60% من إنتاج المياه المحلاة فى العالم، وكانت الكويت أول دول الخليج فى إنشاء محطة تحلية سنة 1950 بميناء الاحمدى تليها قطر ودخلت السعودية هذا المجال متأخرة عام 1970 ولكنها أصبحت تمتلك أكبر محطة تحلية للمياه المالحة فى العالم فى منطقة الجبيل تنتج مليون م³/3 يوميا (لمى صادق 1989).

كما اتجهت دول الخليج إلى معالجة مياه الصرف الصحى لإعادة استخدامها فى الري وقد بدأ استخدام 190 ألف م³/يوم من مياه مجارى مدينة الرياض المعالجة فى رى 4000 هكتار أراض زراعية فى الدرعية وعرقه والعمارية ديراب. وفى قطر أقيمت أول محطة لمعالجة مياه الصرف عام 1978 بطاقة 50 ألف م³/يوم وفى البحرين أقيمت أول محطة سنة 1981 وفى الإمارات توجد حاليا أربع محطات بطاقة 170 ألف م³/يوم.

ومازالت الجهود تتوالى فى دول شبه الجزيرة العربية لتنمية مواردها المائية لمواجهة بيئتها الحارة الجافة وزيادة السكان وتدفق العمالة الأجنبية والتنمية العمرانية والاقتصادية الرهيبية.

2-8 تشييد الموارد المائية

2-8-1 تطوير الموارد

وتشمل مفاهيم عديدة منها:

- (1) تأسيس بنك للمعلومات (البيانات) المائية ويدعم برنامج مراقبة ونظام لجمع المعلومات وإدخالها وتخزينها.
 - (2) الاستغلال الأمثل للمياه السطحية والجوفية إلى الحد الذى تسمح به اعتبارات الجدوى الاقتصادية.
 - (3) تحديد الميزان المائى الجوفى لتجنب استنزاف المياه الجوفية وتحديد شبكة جريان المياه لتأمين تجدد مصادرها.
 - (4) رسم "مسار حرج" لأغراض تخصيص كل مصدر مائى جديد مع مراعاة الحدية الاقتصادية والبيئية مقارنة بالبدائل الأخرى.
 - (5) الترشيد من خلال المزارعين.
- أ) ضرورة تغيير التركيب المحصولى واستبداله بمحاصيل أقل استهلاكاً للمياه.
- ب) ضرورة الزراعة المبكرة بغرض خفض استهلاك المياه.
- ج) زراعة محاصيل ذات عوائد وفيرة.
- د) استخدام وسائل رى حديثة كالرى بالتنقيط أو الرش.
- هـ) التوسع فى استخدام البيوت المحمية لخفض استهلاك النبات للمياه.
- (6) الترشيد باستخدام الحصاد المائى ويقصد به تجميع مياه الأمطار عبر الأودية والشعاب فى المناطق الجافة وشبه الجافة بغرض تأمين المياه ومن طرق الحصاد المائى البرك والصهاريج والسدود المختلفة الأغراض والأحجام.
- (7) تعظيم مستويات التقنية فى محطات المعالجة لمياه الصرف الزراعى والصحى والاهتمام بخلطها بمياه أكثر عذوبة، وفى هذا المجال يمكن أن تلعب التقنية الحيوية دوراً كبيراً فى زيادة كفاءة ونشاط الميكروبات القائمة بعملية الأكسدة فى المرحلة البيولوجية أو اكتشاف سلالات قادرة على امتصاص أو ادمصاص العناصر الثقيلة والتخلص من المواد الهيدروكربونية المعقدة كالمبيدات والمشتقات البترولية.

وفى مقالة قيّمة للباحث نادر نور الدين (2007) حدد خط الفقر المائى البالغ ألف متر مكعب للفرد فى العام وأوضح أن حصة الفرد فى مصر عام 1959 كانت حوالى 2500 م³ / سنة أى ضعفين ونصف حد الفقر بينما تناقصت بشدة عام 2007 نتيجة زيادة السكان وثبات الموارد المائية إلى 750 م³ / سنة أى أقل من حد الفقر، وتعتبر الزراعة هى المستهلك الأعظم للمياه فى مصر بنسبة 87% من الحصة الكلية (48 مليار م³/ سنة) ثم الاستهلاك المنزلى بنسبة 5 % (3 مليار م³/ سنة) والاستهلاك الصناعى بنسبة 6 % (5.3 مليار / سنة) ولذا أشارت نتائج الأبحاث لمراكز المياه والزراعة فى المنظمات الدولية والبنك الدولى إلى ضرورة اتباع مصر منظومة مائية جديدة تتماشى مع واقعها الحالى تحت خط الفقر المائى وذلك بالابتعاد عن زراعة المحاصيل المستنزفة للمياه كالأرز والبنجر وقصب السكر والموز والقلقاس والكربن والتي تستنزف أربعة أضعاف كميات المياه اللازمة لإنتاج نفس الكمية من حاصلات القمح والقطن والبقول والذرة

ومن هنا يتبين ضرورة تجنب زراعة حاصلات الوفرة المائية أى البلدان التى لديها أمطار غزيرة أغلب شهور السنة أو لديها أنهار وبحيرات عذبة داخلية لا تأتيها من خارج حدودها ولا تشاركها فيها دول أخرى. وأيضاً ضرورة توعية المزارع بأن ما يستهلكه من المياه فى زراعات مستنزفة يبلغ أربعة أضعاف ما يستهلكه غيره من المزارعين وأن من يريد أن يزرع أرزا أو برسيما أو موزا فعليه أن يسدد ثمن المياه الزائدة التى استخدمها لزيادة عائده المادى دون عائد مائل للدولة.

أى يمكن تلخيص السياسة المائية المستقبلية للدول تحت خط الفقر المائى

كالتالى:

- 1- توفير المياه لزراعة الحاصلات الاستراتيجية وحاصلات التصدير غير المستنزفة للمياه مثل القمح والقطن والبقول والذرة والطماطم والبصل والثوم والزيتون والموالح والفاكهة عموماً ماعدا الموز
- 2- فرض ضريبة فرق استهلاك على الزراعات المستنزفة للمياه مثل الأرز والبرسيم والموز والنباتات عريضة الأوراق كالكرنب والقلقاس، مع

تخفيض هذه الضرورية إلى الربع على زراعات الأرز فى المناطق الصحراوية الملحية التى تحتاج لعملية غسيل أملاح التربة.

3- استيراد الأرز من بلاد وفرة الأمطار الصيفية فى جنوب شرق آسيا مثل إندونيسيا والفلبين وبنجلاديش والهند (وكاننا استوردنا مياهها إضافية من هذه الدول).

4- استيراد اللحوم والألبان من بلاد الوفرة المائية مثل السودان وتنزانيا وإثيوبيا والأرجنتين والبرازيل وهولندا والمجر لتوفير المياه المستخدمة فى الإنتاج، حيث يحتاج إنتاج كيلو جرام اللحم الأحمر إلى 15م³ مياه وإنتاج لتر واحد من اللبن الحليب إلى 6000 لتر مياه

وأخيرا فإن توالى الزيادة السكانية سيزيد انخفاض نصيب الفرد من المياه العذبة؛ ولذا فإن ضرورة ترشيد المياه فى قطاع الزراعة (الأكثر استنزافا) أمر ملجأ وعاجل لضمان الحد الأدنى من الحدية المائية للسكان.

2-2-8 إدارة الموارد

(1) تعطى الأولوية لاستدامة صلاحية المياه وحمايتها من التلوث أو تدرى النوعية.

(2) وقف تعدين الأحواض المائية الجوفية المتجددة والتحكم فيه وتقليله إلى معدلات الامتزاج السليم المستديم.

(3) تحقيق أعلى كفاءة ممكنة فى نقل وتوزيع المياه وتبنى آليات متقدمة لتعزيز قدرات إدارة الموارد.

(4) قياس تكلفة توريد المياه لمشروعات الصناعة والتجارة والسياحة والزراعة حسبما تحتاج إليه من المياه.

(5) تطوير الموارد البشرية، وذلك بتنظيم وتنفيذ برامج التعليم المستمر والتدريب فى مواقع العمل فى السدود ومحطات المياه وتقليص التوظيف الزائد وتشجيع التميز والابتكار.

(6) إدارة المياه العادمة مع مراعاة الصحة العامة والمعايير القياسية للمياه المعالجة.

7) إعادة النظر دوريا فى التشريعات وتحديثها حيثما كان ذلك ضروريا
استجابة للمتطلبات المستجدة لضمان تحسين الأداء ودقة تنفيذ القوانين .

8) الترشيذ من خلال القطاع المنزلى .

أ) تحديد معدلات استهلاك الفرد بصورة دقيقة من شرب واستحمام
وغسيل ملابس وأوانى الطبخ... إلخ .

ب) وضع مواصفات قياسية لتنفيذ شبكات المياه داخل المنازل والحد من
التسرب بالصيانة الدورية للأدوات الصحية .

ج) عمل حملات توعية وإرشاد مكثفة لإشعار الناس بأهمية المياه وأنها
ثروة قومية يجب الحفاظ عليها للأجيال القادمة .

د) إضافة مواضيع ترشيذ المياه فى المناهج الدراسية للتلاميذ بهدف
التوعية المبكرة للنشء بأهمية المياه .

هـ) توعية المرأة والعمالة المنزلية بأهمية الحفاظ على المياه سواء بتخفيض
الاستهلاك أو منع التسرب .

9) الترشيذ من خلال القطاع الصناعى ، باستخدام دورات التبريد المغلقة فى
المصانع أو إقامة الصناعات الأمثل استهلاكا للمياه أو إعادة استخدام
مياه الصرف بعد معالجتها .

3-8- الري Irrigation

تعريف عملية الري هو ترطيب التربة إما بسقوط الأمطار أو الفيضانات أو
بإضافة الماء فى المناطق الجافة وشبه الجافة، وتختلف طرق الري من مكان لآخر
حسب الظروف الاجتماعية والاقتصادية وطبيعة التربة ونوعية مياه الري والمحصول
النامى، وهناك تطور سريع فى طرق ووسائل الري بهدف توفير المياه التى سيصبح
الصراع عليها هو صراع القرن القادم وتشمل النظم الحديثة الري بالتنقيط والرش،
حيث انحصر الري بالغمر الذى كان يهدر كميات كبيرة من المياه بلا طائل ويؤدى

لكثير من مشاكل الصرف وارتفاع منسوب المياه الجوفية، وهناك أنواع ثلاثة للمياه فى التربة حسب قوة المسك أو التجاذب .

أولها: الماء الهيجروسكوبى، وهو المسوك بقوة حول حبيبات التربة وثانيها: الماء الميسر، وهو الماء الذى يستفيد منه النبات، وثالثها: الماء الحر، وهو الذى يفقد سريعاً إلى جوف التربة، والغرض من عملية الري هو توفير الماء اللازم للنبات فى منطقة الجذور لكي يتمكن من امتصاص العناصر الغذائية من التربة كما يساعد على إزالة الأملاح الزائدة بعيداً عن الجذور.

نظم الري الشائعة

1- الري السطحي Surface irrigation

وهو غمر الأرض بالمياه ويتم تقسيم الأرض إلى أحواض أو خطوط أو شرائح وكانت تستخدم قديماً فى الطنبسور والسواقي وحالياً ماكينات رفع المياه وتكاليفه قليلة ولكن يؤدى لإهدار قدر كبير من المياه الزائدة عن حاجة النبات وارتفاع منسوب الماء الأرضى أيضاً إهدار جزء من الأرض على هيئة قنوات أو بتون، وكذلك إعاقة حركة آلات الميكنة الزراعية.

ب- الري بالرش Sparkler irrigation

ويستخدم فيه الضغط لتوصيل المياه على هيئة رذاذ يتتشر فى الجو، ويسقط على أسطح النباتات والتربة ويصلح لمعظم المحاصيل الحقلية ولكن له سلبياته على المحاصيل البستانية (خضر - فاكهة - رينة) ويمكن استخدام هذا النظام تحت ظروف الطبوغرافية غير المنتظمة (الأراضى المنحدرة أو المتموجة أو المدرجات) وكذا التربة الرملية ذات المسامية والنفاذية العالية، ويمتاز بكفاءة عالية فى التحكم فى مقننات مياه الري وترشيد استخدامها وأيضاً توفير الأيدى العاملة وحيوانات الجر، ولكن يعاب عليه ارتفاع تكاليف إنشائه واحتياجه لحجرة التشغيل وتأثره باتجاهات الرياح، كما يؤدى لإصابة بعض أوراق النباتات بالأمراض الفطرية أو بالاحتراق نتيجة تراكم الأملاح.

ومن نظم الري بالرش استخدام المواسير النقالة Hand move pipes والرى المحورى Center pivot والثابت Permanent والمدفع المتنقل Travelergun.

ج- الري الموضعى أو بالتنقيط Micro-irrigation

وهو مناسب فى حالة مياه الري المحدودة وعدم توافر العمالة الماهرة وأكثر ملاءمة للمحاصيل البستانية كالاشجار والفاكهة، وكذا الاراضى غير المستوية والحد من مشاكل الصرف، ويعاب عليه انسداد النقاطات وتراكم الأملاح وسطحية جذور النباتات. ومن أنظمة الري بالتنقيط السطحي Surface drip والتنقيط تحت السطحي Subsurface drip ونظام الببلر Bubbler system ونظام الرشاشات الصغيرة Micro-jet spray.

ومن أهم عناصر نجاح الري الحقلى

- جودة التنفيذ الهندسى لشبكة الري.

- إدارة نظام الري اختياراً وتنفيذاً.

ويتوقف اختيار نظام الري المناسب على

- | | |
|--------------------|----------------------|
| - خصائص التربة | - التركيب المحصولى |
| - المقننات المائية | - نظام الصرف المتوفر |

فمثلا خصائص التربة ذات القوام الثقيل (طينية أو طمية) يفضل معها الري السطحي فى أحواض أو خطوط مع استبدال قنوات الري بأنابيب PVC لتوفير الأرض المهددة أو على الأقل تبطين القنوات لتقليل فقد المياه. أما الاراضى الرملية الخفيفة فيفضل نظام الري بالرش سواء الثابت أو المحورى للمحاصيل الحقلية والرى بالتنقيط السطحي لأشجار الفاكهة وبالنسبة للخضر يستخدم الري بالتنقيط تحت السطحي لترشيد المياه وتجنب تملح التربة.

4-8- الصرف Drainage

وهو أحد العوامل الهندسية الرئيسة لإنجاح منظومة ترشيد استخدام الموارد المائية، والتربة الجيدة هى التى تسمح بحركة المياه الزائدة بعيداً عن جذور النبات

حتى لا تتجمع مسبباً ارتفاع منسوب الماء الأرضى وما يترتب على ذلك من فقد
بالبخار وتراكم الأملاح فى منطقة الجذور أو انسداد مسام التربة وبالتالي طبقة
الجذور، وكذا سيادة الظروف اللاهوائية التى تحد من نشاط كائنات التربة المفيدة
وزيادة العمليات الاختزالية مثل الدنترة واختزال السترات أو تكون كبريتور
الإيدروجين والميثان ولا توجد مشاكل صرف عادة فى التربة الرملية ذات المسامية
العالية التى تساعد على حركة الماء إلى أسفل، أما التربة الثقيلة (الطينية أو الطمية)
فيلزم إضافة المخلفات العضوية والجبس الزراعى لتشجيع عملية التحبب
Aggregation وتنشيط الديدان الأرضية Earthworms لحفر الأنفاق وزيادة عملية
الرشح. وفى حالة وجود طبقة صماء تحت السطح فلا بد من تفتيتها باستخدام
محارث خاصة Sub-soiling.

مراجع مختارة

أولا: المراجع العربية

- أحمد عبد المنعم حسن (2007): التكنولوجيا الحيوية وتربية النبات- تطبيقات مزارع الأنسجة والهندسة الوراثية فى مجال الإنتاج الزراعى والتحسين الوراثى للنباتات- الناشر الدار العربية للنشر والتوزيع - مدينة نصر- القاهرة.
- أحمد عبد المنعم حسن (1988): تكنولوجيا الزراعات المحمية (الصوبات) - الناشر الدار العربية للنشر والتوزيع - مدينة نصر - القاهرة.
- أحمد عبد الوهاب عبد الجواد (1997): حتمية التحول من الزراعات الصناعية إلى الزراعات العضوية فى العالم العربى . الناشر الدار العربية للنشر- مدينة نصر- القاهرة.
- أحمد مستجير (1995): لغة الجينات (البيولوجيا والتاريخ والمستقبل التطورى) - الناشر المكتبة الأكاديمية -الدقى - القاهرة.
- الشحات محمد رمضان، راوية فتحى جمال (2005): ميكروبيولوجيا التخمرات - الناشر دار الفكر العربى - مدينة نصر - القاهرة.
- زيدان هندي عبد الحميد (2003): التكنولوجيا الحيوية والجزئية فى مجابهة الآفات الزراعية والإجهادات البيئية (الطبعة الثانية) - الناشر كانزا جروب - الدمرداش- القاهرة.
- زيدان هندي عبد الحميد، محمد إبراهيم عبد المجيد (1995): الاتجاهات الحديثة فى المبيدات ومكافحة الحشرات - الجزء الثانى - التواجد البيئى والتحكم المتكامل - الطبعة الثانية- الناشر الدار العربية للنشر والتوزيع - مدينة نصر- القاهرة.

- سعد على زكى محمود - عبد الوهاب عبد الحافظ - محمد الصاوى مبارك (1997): ميكروبيولوجيا الأراضى - الطبعة الثانية - الناشر مكتبة الأنجلو المصرية - القاهرة.
- سامى شحاتة- محمد الزناتى - بهجت السيد على (1993): الأسمدة العضوية والأراضى الحديثة - الدار العربية للنشر والتوزيع - مدينة نصر- القاهرة.
- سمير الشيمى، بهجت السيد على (1997): تقرير عن المخلفات الزراعية فى مصر - مقدم إلى المنظمة العربية للزراعة - جامعة الدول العربية.
- صلاح محمود الحجار (2003): التوازن البيئى وتحديث الصناعة. الناشر دار الفكر العربى - مدينة نصر- القاهرة.
- عبد الباسط الجمل (2001): الجينوم والهندسة الوراثية - الناشر دار الفكر العربى- مدينة نصر- القاهرة.
- عبد المنعم محمد الجلا (2002): الزراعة العضوية-الأسس وقواعد الإنتاج والمميزات الترقيم الدولى 977-17-0582-2.
- عبد الوهاب محمد عبد الحافظ - محمد الصاوى مبارك (1996): الميكروبيولوجيا التطبيقية - المكتبة الأكاديمية - الدقى - القاهرة.
- عماد الدين حسون وصفى (2007): الهندسة الوراثية والوراثة الميكروبية (الجزء الثانى) الناشر الدار العربية للنشر والتوزيع- مدينة نصر - القاهرة.
- فتحى محمد عبد التواب (1993): البيولوجيا الجزيئية (مدخل الهندسة الوراثية) - الناشر المكتبة الأكاديمية - الدقى - القاهرة.
- لمى صادق (1989): الثروة المائية فى الإمارات العربية والبحرين وسلطنة عمان وقطر مجلة العلم والتكنولوجيا العدد 17-18.

- محمد أبو العلا محمد (2007): مشكلات المياه فى الشرق الأوسط - الناشر مكتبة الأنجلو المصرية - القاهرة.
- محمد السعيد الزمىنى (1997): تطبيقات مكافحة المتكاملة للآفات الزراعية- الناشر الدار العربية للنشر والتوزيع - القاهرة.
- محمد السيد أرناؤط (2003): طرق الاستفادة من المخلفات الزراعية - الناشر مكتبة الدار العربية للكتاب - القاهرة.
- محمد فؤاد توفيق (1997): مكافحة البيولوجية فى الآفات الزراعية- الناشر المكتبة الأكاديمية - الدقى -القاهرة.
- محمد مختار الحلوجى (1987): القمامة ثروات أم نفايات- الهيئة العامة للكتاب- القاهرة.
- محمد نجيب إبراهيم أبو سعدة (2003): التلوث البيئى ودور الكائنات الدقيقة ايجابا وسلبا الناشر دار الفكر العربى- مدينة نصر- القاهرة.
- محمد نجيب إبراهيم أبو سعدة (2005): المخلفات الصلبة وإمكانات تدويرها بيولوجيا الناشر دار الفكر العربى- مدينة نصر - القاهرة.
- نادر نور الدين محمد (2007): ضريبة المحاصيل المستنزفة للمياه. مقالة بجريدة الأهرام بتاريخ 25 / 8 / 2007 - ص 10 - القاهرة.

- **Angus, T.A. (1954):** A bacterial toxin paralyzing silkworm larvae. Nature 173:545-6
- **Bedford, G.O (1980):** Biology , Ecology and control of plam rhinoceros beetles. Annual Rev. Entom. 25:309-39
- **Bergey s manual of systematic bacteriology (1984).** Willams & Wilkins, Baltimore, USA
 - Vol. 1- **Krieg, N.R.** (ed). Ordinary gram negative bacteria
 - Vol. 2- **Sneath, P.H.A.** (ed). ordinary gram positive bacteria
 - Vol. 3- **Staley, J.T.** (ed) Bacteria with Unusual properties
 - Vol. 4- **Williams, S.T.** (ed). Gram positive filamentous bacteria of complex morphology
- **Caseley, J.C. (1990):** Proc. 11th long Ashton Int. Sym ' .Herbicide Resistance" Butterworth Publ., London
- **Chawla, H.S. (2000):** Introduction to plant biotechnology. Sci. Publ., Inc., Enfield, New Hampshire, 368 p.
- **Chrispeels, M. J. and D.E. Sadava (2003):** Plants, genes and crop biotechnology (2nd ed), Am. Soc. Plant Biologists, Boston, 562p
- **Devlin, R.M. (1975):** Plant physiology. Van Strand Co., New York
- **Gressel, J. (1998):** Biotechnology of weed control pp 295-325 In:A. Altman (ed.) Agric. Biotechnology. Marcel Dekker, Inc., New York .

- **Grumet, R. (1995):** Genetic engineering for crop virus resistance. Hort. Sci. 30(3):449-445
- **Honee, H., Vriezen, W and Visser, B (1990):** A translation fusion product of two different insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis* exhibits an enlarged insecticide spectrum. Applied and Environ. Microbiol. 56:823-5
- **Hopkins, W.G. (1995):** Introduction to plant physiology. John Wiley & Sons, Inc., New York, 464p.
- **Kamalay, J and Goldberg, R.(1980):** Regulation of structural gene expression in Tobacco. Cell, 19:945-46.
- **Lorenz, O.A. and D.N. Maynard (1980):** Kott's handbook for vegetable growers. 2nd Ed. Wiley Interscience, New York.
- **Ochiai, E.H. (1987):** General principles of biochemistry of the elements. Plenum Press, New York.
- **Ottow, J.C.G (1997):** Umwelt-Biotechnologie. G.Fisher, Stuttgart
- **Postgate, J.R. (1978):** Nitrogen fixation. North- Holland Publ. Co., Amsterdam, Holland.
- **Rees, R.M., Ball, B.C., Campbell, C.D. and Watson, C.A. eds (2001):** Sustainable management of soil organic matter. CABI Publishing, Oxon, UK and New York, USA, 425 p.

- **Remotti, P.C. (1998):** Somaclonal variation and in-vitro selection for crop improvement, pp 169-201 In: M.Gain, D.S. Brar and B.S. Ahloowalia (eds.) Somaclonal variation and induced mutations in crop improvement. Kluwer Academic Publ. Dordrecht, Netherland
- **Russell, G.E. (1978):** Plant breeding for pest and disease resistance. Butterworths, London. 485p.
- **Schlegel, H.G. (1986):** general microbiology. 6th Ed. Cambridge Univ., Press, London
- **Tabashink, B.L. (1994):** Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis* . Annu. Rev. Entomol. B9:40-49
- **Slater.A. , N.W. Scott and M.R. flower (2003):** Pant biotechnology:the genetic mainipulation of plants. Oxford Univ. Press, UK, 346p.
- **Veeger, C. and W.E. Newton (eds). (1984):** Advavces in nitrogen Fixation. Martinus Nijhoff & W. Junk Publ. Co., Wagening, Holland.
- **Vesilind, P.A. (1982);** Environmental pollution and control. Ann report Sci. Butter-Worth Group, England

A

Absorption	الامتصاص
Actinorhizas	عوائل غير بقولية
Adsorption	الامتصاص
Aeroponics	المزارع الهوائية
Aggregates	التحجب
Agricultural wastes	المخلفات الزراعية
Alkaloids	المواد الكالودية
Angiosperms	مغطاة البذور
Athiorhodaceae	البكتريا الأرجوانية غير الكبريتية
Azadirachtin	مستخلص النيم
Azolla	سرخس مائي

B

Bacteroides	البكتريا التكافلية داخل العقدة
Baculoviruses	مجموعة فيروسية
Batch culture	التغذية المتقطعة
Bedding	الفرشة في الزرائب
Biogas	الغاز الحيوي
Bioindicator	دليل أو كشف حيوي
Biofertilization	التسميد الحيوي
Biological death	الموت البيولوجي
Biopulping	لب ورق حيوي
Bioreactor	مفاعل حيوي
Boll worms	دودة الحبوب
Braconidae	الحشرات الصيادة
Briquettes	طوب بناء
Bruch weeder	العزاقة بين الخطوط أو ذات الفرشاة

Buprofezin	مانع الانسلاخ
Bypass	تراب الاسمنت
C	
Callose	مادة سكرية (بيتا ١-٣ جلوكان)
Callus	خلايا نباتية غير متكشفة
Chelating compouds	مركبات مخلبية
Chemoorganotrophs	الكائنات عضوية التغذية
Chrysopidae	حشرات عائلة أسد المن
Cloning	الإكثار الجيني
Coc kerels	الديوك الصغيرة
Cocci	الشكل الكروي
Coccinelidae	حشرات عائلة أبي العيد
Cold manure	السماد البارد
Column cultures	مزارع الأعمدة
Conformational chang	التغير في الشكل الفراغي
Continuous culture	التغذية المستمرة
Cortix	طبقة القشرة في النبات
Cosmids	عنصر ناقل
Cross inoculation group	مجموعة تبادلية التلقيح لمجموعة نباتات معينة
Crystal toxin	التوكسينات (السموم) البلورية
Cut worms	الديدان القارضة
Cyanobacteria	البكتريا الازوسوجينية المثبتة للتروجين (الطحالب الخضراء المزرقة)
Cyoplasmic hybrids	الهجين السيتوبلازمي
D	
Decline phase	طور الهبوط أو التناقص
Deltamethrin	مبيد حشري
Desertation	التصحح

Detoxification	إزالة السمية
Differentiated growth	النمو المتكشّف
Drainage	الصرف
E	
Earth worms	ديدان الأرض
Ecosystem	النظام البيئي
Effective strains	السلالات الفعالة
Electroporation	الصدمة الكهربائية
Ensilage	السيلجة
Eutrophication	الاغناء البيولوجي
F	
Farm compost	سماد كمبوست المزرعة
Farm yard manure	سماد المزرعة (السباخ البلدي)
Feces	الروث
Fermentor	مخمّر
Fertigation	التسميد مع الري
Forced aeration	الهواء القسري
Frankia	ميكروب مسبب للعقد الجذرية في الاشجار غير البقولية
Fulvic acid	حمض الفلنيك
G	
Garbage compost	سماد كمبوست القمامة
Generation time	عمر الجيل
Global warming	ارتفاع حرارة الكون
Grayel cultures	مزارع الحصى
Gravity oil separator	الفصل الزيوت بالتناقل
Growth rate	معدل النمو أو التضاعف
Gymnosperms	معراة البذور

H

Hard water	الماء العسر
Heterocyst	خلايا تثبيت النتروجين في الطحالب الخضراء المزرقة
Hog feeding	طعام الخنازير
Humic acid	حمض الهيوميك
Humic	الهيومن (أحد مكونات الدبال)
Humus	الدبال
Hydroponics	الزراعة المائية

I

Immobilization	الفقد المؤقت للعناصر
Infection thread	خيوط العدوى
Ionization	التأين

L

Lag phase	الطور التمهيدي أو التأقلم
Lectins	افرازات جذرية
Leghaemoglobin	الصبغة الحمراء في العقد الجذرية
Log phase	طور الزيادة أو اللوغاريتمي

M

Meneralization	معدنه المواد العضوية
Methanogenesis	البكتريا المنتجة للميثان
Microbial pesticides	المبيدات الميكروبية
Microinjection	الحقن الدقيق
Microirrigation	الري بالتنقيط
Middle lamella	الصفائح الوسطى بين الألياف النباتية
Molybdenosis	مرض نقص المولبدنم
Mosquitoes	الناموس
Mycorrhiza	فطر متعايش تكافليا مذيب للفوسفات

O

Oligofixers

ميكروبات مثبتة للنتروجين

P

Paddy soils

الأراضي الغدقة

Parasites

الطفيليات

Peat cultures

مزارع البيت موسي

Pectinases

انزيمات تحليل البكتين أثناء التعطين

Pest management

المكافحة المتكاملة

Pharming plant

النباتات الصيدلانية

PHB (Poly hydroxy butaric acid)

حمض بولي هيدروكسي بيوتريك

Phosphobacterin

لقاح بكتيري مذيب للفوسفات

Photoplankton

النباتات المائية

Phytoalexins

بروتينات مضادة للفطريات

Plasmid

عنصر ناقل

Predators

المفترسات

Pseudonodule

العقدة الكاذبة

R

Rockwool cultures

مزارع الصوف الحجري

Recombinant DNA

الدنا المعدل أو المطعم

Recycling

إعادة الاستخدام أو التدوير

Resting spores

الجراثيم الساكنة

Rice stem borers

ثاقبات سوق الأرز

Ring cultures

مزارع الحلقات

Restriction enzymes

إنزيمات القطع

S

Sac cultures

مزارع الاجولة المعلقة

Screwworms	الديدان الحلزونية
Sex pheromones	الغازبات الجنسية (الفرمونات)
Silo	الصومعة
Sludge manure	سماد حمأة المجاري
Soilless cultivation	الزراعة بدون تربة
Sparkler irrigation	الري بالرش
Stationary phase	طور الثبات
Straw Bale cultures	مزارع بالات القش
Straw board	ألواح خشبية من كبس قش الأرز
Surface irrigation	الري السطحي
Symbiosis	تبادل المنفعة
T	
Thermostable toxin	السموم المتحملة للحرارة العالية
Thiorhodaceae	البكتريا الارجوانية الكبريتية
Trough cultures	مزارع الأغوار
Tumour inducing gene, Ti	الجين المسبب للتورم في الاجروبيكتيريا
U	
Undifferentiated growth	النمو غير المتكشف
V	
Vector	العنصر الناقل
Vibrio	الشكل الواوي
W	
Warm manure	السماد الحامي
Wild type	الأصول الوراثية
Wood peckers	نقارات الخشب
Wood warblers	طيور الخشب الهازجة



المؤلف

- بكالوريوس العلوم الزراعية - تخصص أراضي - بمرتبة الشرف من كلية الزراعة - جامعة عين شمس - ١٩٧٤م.
- ماجستير العلوم الزراعية - تخصص ميكروبيولوجيا - من جامعة عين شمس ١٩٧٨.
- دكتوراه العلوم البيولوجية - تخصص ميكروبيولوجيا بيئية من جامعة موهنتام - شتوتجارت - ألمانيا في ١٩٨٦م.
- تدرج في وظائف هيئة التدريس بقسم الميكروبيولوجيا بكلية الزراعة جامعة عين شمس، معيدا - مدرسا مساعدا - مدرسا - أستاذا مساعدا - أستاذا.
- باحث زائر بمعهد معالجة مياه الصرف والمجاري جامعة شتوتجارت في (٨٧ - ١٩٨٨، ١٩٩٠) ومركز البحوث الزراعية القيديري بمدينة Geisenheim الألمانية (١٩٩٧).
- باحث زائر بالمجلس القومي لأبحاث التربة بولاية أيووا الأمريكية (٩١ - ١٩٩٢).
- عضو جمعية الميكروبيولوجيا الأمريكية.
- عضو جمعية علوم الأراضي الألمانية.
- عضو جمعية الميكروبيولوجيا التطبيقية المصرية.
- عضو لجنة التعليم والبحث العلمي بالأمانة العامة للحزب الوطني (٩٤ - ٢٠٠٢).
- منسق مشروع شرق لتنمية القرية (٩٨ - ٢٠٠٢).
- مستشار وزارة البيئة (٢٠٠٠ - ٢٠٠٢).
- شارك في العديد من المؤتمرات المنشورة، وله أبحاث عديدة المجلات العلمية والعالية والمحلية.
- حاليا أستاذ معار بكلية العلوم (ق) الطائف.
- صدر له ٣ كتب: - التفاعلات البكتيرية - التلوث البيئي ودور الـ الصلبة وإمكانات تدويرها بيولوجيا.

يضم هذا الكتاب بين دفتيه منظومة الزراعة النظيفة، وهو مصطلح أشمل وأعم من «الزراعة العضوية» حيث يشمل بجانب التسميد العضوي والتسميد الحيوي والمكافحة البيولوجية أيضا النباتات المعدلة أو المحورة وراثيا لمقاومة الأمراض والآفات والظروف البيئية القاسية؛ من جفاف وملوحة وحرارة؛ إعلاءً لشأن التقنية الحيوية، ويتعدى ذلك إلى عمليات تدوير المخلفات الزراعية والاستفادة الكاملة منها - فهي نعمة لا نقمة - وكذا أنواع الزراعة غير النمطية (بدون تربة) وعمليات ترشيد الموارد الطبيعية من المنبع مثل المياه والطاقة والمواد الخام.

وقد تم التركيز على استراتيجية النوع - وليس الكم - التي يتجه إليها العالم الحديث، أي كيفية أو آلية تصنيع الأسمدة العضوية سواء من المخلفات الزراعية أو القمامة أو الحمأة أو الأسمدة الحيوية بواسطة ميكروبات التربة النافعة، والوصول بها للاستخدام الأمثل على نطاق تجاري واسع وفي حالة آمنة تماما مع تقليل المستهلك في مدخلات العملية الزراعية - بما فيها خصوبة التربة ذاتها - والمصادر المائية والمواد الخام.

هذا الكتاب

